



---

**Universidad de Valladolid**

**Escuela Universitaria  
de Ingenierías Agrarias**

**Campus de Soria**

**GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**TITULO: DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE  
ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A  
VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA  
LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

~~~~~

**AUTOR: SARA ANDRÉS SANTIAGO**

**DEPARTAMENTO: INGENIERÍA AGRÍCOLA Y FORESTAL**

**TUTORA: DAPHNE HERMOSILLA REDONDO**

## ÍNDICE DE TABLAS

---

### MEMORIA

---

***Tabla I: Procesos de oxidación avanzada***

***Tabla II. Procesos homogéneos sin aporte de energía de la oxidación avanzada [1]***

***Tabla III. Clasificación de Biofiltros***

***Tabla IV. Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de biofiltros [4]***

***Tabla V: Propiedades físicas y químicas del oxígeno licuado***

***Tabla VI: Propiedades físicas y químicas del Ozono***

***Tabla VII: Diagrama de Gantt***

---

### ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

---

***Tabla 1.1: Propiedades físicas y químicas del oxígeno licuado***

***Tabla 1.2: Propiedades físicas y químicas del Ozono***

***Tabla 1.3: Propiedades del agua a tratar.***

***Tabla 1.4: Evolución de DQO en el tiempo***

---

### ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

---

***Tabla 2.1: Simbología del sistema de control***

***Tabla 2.2: Simbología de válvulas en las líneas de transporte***

---

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

---

***Tabla 3.1: Dimensiones del tanque de almacenamiento***

***Tabla 3.2: Espesores comerciales del tanque de almacenamiento TK-101***

**Tabla 3.3: Dimensiones del reactor de ozonización (R-101)**

**Tabla 3.4: Condiciones de diseño mecánico**

**Tabla 3.5: Valores de espesores del reactor por diseño de presión interna.**

**Tabla 3.6: Especificaciones Técnicas del Generador de Ozono WEDECO SMO [7]**

**Tabla 3.7: Dimensiones de la bombona de oxígeno**

**Tabla 3.8: Dimensiones tanque almacenamiento efluente reactor de ozonización**

**Tabla 3.9: Espesores comerciales del tanque de almacenamiento**

**Tabla 3.10: Diámetro interno de las tuberías**

**Tabla 3.11: Diseño y dimensión de tuberías**

**Tabla 3.12: Bombas de la instalación**

**Tabla 3.13: Propiedades bomba 3M 65-125/7.5**

❖ **Propiedades A 516 Gr 55**

**Tabla 3.1.1: Tipos de acero A516 en función del grado**

**Tabla 3.1.2: Características mecánicas del acero A516 Gr 55**

**Tabla 3.1.3: Composición del acero A 516 Gr 55**

**Tabla 3.1.3: Composición del acero A 516 Gr 55.**

❖ **TABLAS PARA EL DISEÑO MECÁNICO**

**Tabla 3.1.4: Esfuerzo de diseño ( $S_d$ ) y de prueba ( $S_t$ ) en función del material**

**Tabla 3.1.5: Espesores comerciales**

**Tabla 3.1.6.: Eficiencia de la soldadura.**

❖ **PROPIEDADES AISI 316**

**Tabla 3.1.7: Características Técnicas de Aceros Inoxidables AISI 316 [13]**

**Tabla 3.1.8: Composición química (%) de los aceros inoxidables AISI 316**

**Tabla 3.1.9: Rugosidad en función del material**

---

#### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

---

**Tabla 4.1:** . *Caudales de dosificación típica de filtros percoladores [16]*

**Tabla 4.2:** *Propiedades físicas de los medios filtrantes de los tipos de filtros percoladores*

**Tabla 4.3:** *Características de tipos de rellenos para el biofiltro. [16]*

**Tabla 4.4:** *Dimensionado del biofiltro*

---

#### ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

---

**Tabla 5.1:** *Acciones totales de las correas*

**Tabla 5.2:** *Acciones lineales de las correas*

**Tabla 5.3:** *Esfuerzos que soportan las barras*

**Tabla 5.4:** *Peso a soportar*

**Tabla 5.5.** *Tabla resumen de cálculos constructivos*

**Tabla 5.1.1:** *PERFILES IPN*

**Tabla 5.1.2:** *PERFILES UPN*

**Tabla 5.1.3:** *PERFIL HEB*

**Tabla 5.1.4.** *Perfil L*

---

#### ANEJO 6. INSTLACIÓN ELÉCTRICA

---

**Tabla 6.1:** *Características de la campana LED*

**Tabla 6.2:** *Potencia necesaria en función de la maquinaria a necesitar*

**Tabla 6.3:** *Potencia necesaria en función del alumbrado*

**Tabla 6.4:** *Intensidad por circuito eléctrico*

---

## ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANAMIENTO

---

**Tabla 7.1: Número de sumideros en función de la superficie de la cubierta**

**Tabla 7.2: Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

**Tabla 7.3: Diámetro de la bajante en función de la superficie en proyección horizontal**

**Tabla 7.4: Diámetro colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h**

---

## ANEJO 10. PALNIFICACIÓN DE LA OBRA

---

***Tabla 10.1: Diagrama de Gantt***

---

## ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

---

***Tabla 12.1: Matriz de Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental***

---

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

---

### **CAPÍTULO 1**

#### **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL SISTEMA A INSTALAR**

***Tabla 13.1: Significado pictográfico del Ozono***

***Tabla 13.2: Análisis de peligrosidad del ozono***

***Tabla 13.3: . Significado pictográfico del Oxígeno licuado***

***Tabla 13.4: . Análisis de peligrosidad del Oxígeno licuado***

***Tabla 13.5: Análisis HAZOP. Entrada al reactor de ozonizació.***

***Tabla 13.6: Análisis HAZOP. Salida del reactor de ozonizació.***

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA NAVE**

**Tabla 13.7: Teléfonos de interés**

---

#### **ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO**

---

**Tabla 14.1. Resultados de los costes de ozonización**

**Tabla 14.2. Resultado de coste de los tanques de almacenamiento**

**Tabla 14.3. Resultado de coste de Tubería de agua**

**Tabla 14.4. Resumen costes de Tubería de Ozono**

**Tabla 14.5. Resumen de costes de bombas centrífugas a implantar**

**Tabla 14.6. Cálculo amortización**

**Tabla 14.7. Resumen de consumos eléctricos**

**Tabla 14.8 Resumen de costes**

**Tabla 14.9 Costes de tratamiento**

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

### MEMORIA

---

**Figura I: Biofiltro con lavado segmentado**

**Figura II: Diagrama de flujo**

---

### ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

---

**Figura 1.1.: Localización de la planta**

**Figura 1.2: Gráfica de relación de DQO en función del tiempo**

---

### ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

---

**Figura 2.1: Diagrama de flujo**

---

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

---

**Figura 3.1: Esquema proceso de ozonización**

**Figura 3.2: Generador de ozono WEDECO [7]**

**Figura 3.3: Partes de una bomba centrífuga**

**Figura y tabla 3.4: Propiedades de la bomba horizontal centrífuga 3M 65-125/7.5 [12]**

**Figura 3.5: Bomba EBARA serie 3 [12]**

**Figura 3.6: Diagrama flujo de bombas centrífugas**

---

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

---

**Figura 4.1: Tipos de medios filtrantes: (1) piedra, (2) plástico de flujo vertical, (3) plástico de flujo transversal, y (4) de madera de secuoya**

**Figura 4.2: Biofiltro**

---

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

---

***Figura 5.1: Sección de la nave***

***Figura 5.2: Sección cercha de la nave***

***Figura 5.3: Cercha de la nave y barras***

---

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

---

### **CAPÍTULO 1**

#### **ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL SISTEMA A INSTALAR**

***Figura 13.1: Etiquetado del Ozono***

***Figura 13.2: Etiquetado y código NFPA del Oxígeno licuado***

**MEMORIA**

# ÍNDICE      MEMORIA

Página

|                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                                                    | <b>1</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES</b>                                                                    | <b>1</b>  |
| <b>3. OBJETIVOS</b>                                                                       | <b>2</b>  |
| <b>4. BASES DEL PROYECTO</b>                                                              | <b>3</b>  |
| <b>4.1. Situación actual</b>                                                              | <b>3</b>  |
| <b>5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS</b>                                                         | <b>6</b>  |
| <b>5.1. Descripción de las distintas alternativas de desinfección</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>5.2. Elección del proceso de eliminación de compuestos orgánicos no biodegradables</b> | <b>11</b> |
| <b>5.3. Descripción de los distintos tipos de biofiltros</b>                              | <b>16</b> |
| <b>5.4. Elección del biofiltro</b>                                                        | <b>20</b> |
| <b>6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b>                                                        | <b>21</b> |
| <b>6.1. Materias primas y maquinaria</b>                                                  | <b>22</b> |
| <b>7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS</b>                                                   | <b>25</b> |
| <b>7.1. Diseño de la edificación</b>                                                      | <b>25</b> |
| <b>7.2. Características de los elementos constructivos</b>                                | <b>25</b> |
| <b>8. INGENIERÍA DE LAS INSTALACIONES</b>                                                 | <b>28</b> |
| <b>8.1. Instalación de saneamiento</b>                                                    | <b>28</b> |
| <b>8.2. Instalación eléctrica</b>                                                         | <b>28</b> |
| <b>8.3. Instalación de protección contra incendios</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>9. URBANIZACIÓN</b>                                                                    | <b>30</b> |
| <b>10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</b>                                                   | <b>30</b> |
| <b>11. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>                                                   | <b>30</b> |

|            |                                                      |           |
|------------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>12.</b> | <b>PLANIFICACIÓN DE LA OBRA</b> _____                | <b>31</b> |
| <b>13.</b> | <b>NORMAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL PROYECTO</b> _____ | <b>31</b> |
| <b>14.</b> | <b>PRESUPUESTO</b> _____                             | <b>32</b> |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

MEMORIA

## 1. INTRODUCCIÓN

Se redacta el presente Proyecto de “Diseño del reactor de ozonización y nave de almacenamiento para mejorar la calidad de agua a verter al río Duero en una industria papelera de la localidad de Almazán, Soria” como consecuencia de la realización del Trabajo Fin de Grado por la alumna Sara Andrés Santiago.

## 2. ANTECEDENTES

El diseño a implantar tendrá lugar en las proximidades de la industria de producción de papel, en la localidad de Almazán, Soria.

En cuanto el tipo de agua a tratar en el reactor de ozonización, va a ser el efluente de la planta de producción. Este efluente cuenta con unos niveles altos de contaminación en Demanda Química de Oxígeno (DQO) principalmente. Por lo que, el tratamiento previo es de gran necesidad antes de su vertido al Río Duero, para así garantizar unos vertidos controlados, siempre y cuando estos cumplan con los niveles establecidos por la normativa vigente.

Debido a una mayor concienciación medioambiental y la necesidad de reducción de costes de operación, la reducción del consumo de agua y la minimización de la generación de contaminantes se están convirtiendo en los objetivos primordiales de la industria en general, y en particular de la industria papelera.

Las actuales limitaciones medioambientales han provocado la disminución del consumo de los recursos naturales para su utilización industrial. La industria papelera y de cartón constituyen un claro ejemplo de esta tendencia, como muestra la evolución hacia el uso de materias primas fibrosas recicladas y/o alternativas, hacia un menor consumo de agua y hacia el ajuste de la calidad de agua de alimentación a los diferentes procesos de la planta.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

Las acciones dirigidas a alcanzar estos objetivos no son más que distintas etapas para mejorar la gestión del agua hasta llegar al equilibrio entre las necesidades de producción en fábrica y los requisitos medioambientales.

La fuerza impulsoras para mejorar la gestión del agua en la industria papelera son varias: cada vez es más estricta la regulación de los vertidos, la opinión pública, la imagen en los mercados, la pérdida de fibra, la escasez y coste del agua bruta, el coste del tratamiento de los efluentes, y los problemas de fabricación originados por la calidad del agua de proceso.

Por lo que, debido a estas condiciones, se propone la ejecución y puesta en marcha de este proyecto.

### 3. OBJETIVOS

El objetivo del presente proyecto es diseñar, proyectar y construir una nave para la instalación de un reactor de ozonización seguido de un biofiltro, incorporados como tratamiento terciario a la industria papelera, con el fin de obtener agua depurada; Siempre que sea rentable económicamente y a su vez no incida de forma negativa en el medio ambiente, ni suponga ningún riesgo potencial para personas o bienes.

Se proyecta una construcción que posee fundamentalmente funcionalidad y versatilidad, permitiéndose así afrontar cambios futuros. La nave debe permitir albergar las instalaciones necesarias para llevar a cabo el objetivo del proyecto.

Dicho proyecto servirá también como base para la ejecución y dirección de las obras. En el documento actual (memoria), se describen las características del proyecto y los datos obtenidos de cálculos desarrollados en los anejos correspondientes. En dichos cálculos se tendrá en cuenta la legislación vigente, en especial la que corresponde al medio ambiente y a la seguridad personal.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

El presente proyecto tiene como objetivos principales los siguientes:

- Diseño de un reactor de ozonización para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la industria papelera en el término municipal de Almazán (Soria).
- Diseño de las instalaciones anejas, como son los tanques de almacenamiento, tuberías, equipos de impulsión, y biofiltro, entre otros equipos a implantar.
- Diseño de la obra civil y de las instalaciones necesarias para la construcción de la nave.
- Funcionamiento óptimo para la obtención de un agua de calidad, cumpliendo con los límites de vertido establecidos.

## 4. BASES DEL PROYECTO

La finalidad perseguida en el presente proyecto hace referencia a la mejora de calidad del vertido de agua, teniendo en cuenta, que el agua efluente de la planta de producción contiene una gran cantidad de materia orgánica, en parte biorecalcitrante, como consecuencia de los procesos, materias primas y aditivos necesarios para la producción de la industria.

### 4.1. Situación actual

En primer lugar, voy a describir la situación actual y las características propias que presenta la industria papelera, en la localidad de Almazán (Soria).

Actualmente se encuentra con una producción de papel cuyas propiedades se definen con un espesor desde los 210 a 550 g/m<sup>2</sup> y con una dimensión estándar de 2.250 mm, siendo esta variable a petición personal.

Este tipo de papel está compuesto por 6 capas en total:



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

MEMORIA

- 1 estucado
- 1 cara
- 4 tripa
- 1 dorso

Para la producción del mismo emplean los siguientes materiales:

1º) *Materias primas fibrosas*, que está compuesta de 90-95 % de material reciclado, y 10-5 % de pasta virgen.

2º) *Estucado*, formado por 100% de pigmento orgánico (Calcio y Carbonato) y un 2% de ligante (pegamento).

Una vez definidos el material necesario procedemos a la descripción del proceso de producción del papel mediante el siguiente esquema:

1. PULPEADO: consiste en un desintegrado del material, donde se añade la materia prima fibrosa más agua para poder extraer la suciedad, plásticos, arenas, gravas, etc. y así lograr una suspensión fibrosa.
2. DEPURACIÓN: en esta industria en concreto, el proceso de depuración se realiza mediante un proceso mecánico, el cual consiste en unos sistemas de depuradoras de tamiz/presión por donde se hace pasar la suspensión fibrosa. También se cuenta en este proceso con circuitos de vapor para disolver las colas, parafinas, tintas... Procedentes del material reciclado.
3. TINAS DE MEZCLA: donde el material en suspensión realiza una serie de movimientos para generar una buena mezcla del producto antes de introducirse a la máquina de fabricación.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

4. MÁQUINA DE FABRICACIÓN: se encuentra dividida en diferentes secciones donde se realizan diferentes procesos:

- Zona de formación
- Zona de prensado
- Zona de sequería (secado)
- Zona de tratamiento superficial: estucado y alisado

La máquina de fabricación o producción del papel está continuamente alimentada con agua mediante unas regaderas de limpieza, para aportar suministros de agua al proceso productivo, limpiar los fieltros y telas del proceso y evitar que el producto se rompa mediante los procesos de operación, ya que si no está alimentada la máquina con agua, la pasta se reseca demasiado antes del proceso de secado provocando así la rotura y discontinuidad de la pasta de papel. Estas regaderas de limpieza son de gran interés para el funcionamiento óptimo de la producción, teniendo en cuenta que realizan un aporte de agua elevado y cuentan con un sistema de dosificación por fumigación impregnando de agua a toda la pasta de papel, por lo que cuentan con unos orificios de dosificación muy pequeños ocasionando un aporte de agua a gran presión. El agua a pasar a través de las regaderas debe de tratarse de un agua limpia, ya que la obstrucción de uno de los orificios puede ocasionar grandes pérdidas de producción y los costes de limpieza o de sustitución del sistema de regaderas son elevados. Es necesario utilizar en este proceso agua de calidad similar a potable para evitar problemas de obstrucción de algún orificio por la presencia de alguna impureza ocasionando un gran fallo mecánico en el sistema.

Esta parte de proceso es donde mayor cantidad de agua se consume en la fábrica.

5. BOBINADOR

6. CORTE, según el formato necesario.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

## MEMORIA

### 7. EMBALADO / ETIQUETADO

### 8. ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN

Cuenta actualmente la planta con un pretratamiento y tratamiento primario por tamizado. A continuación tiene como tratamiento secundario, un reactor biológico.

El reactor biológico se caracteriza por la degradación de los contaminantes presentes en el agua mediante la adición de nutrientes, urea y ácido fosfórico, para las bacterias presentes en los carriers que serán las encargadas de llevar a cabo la degradación de la materia contaminante presente en el agua. Mediante la degradación se producen unos lodos biológicos que serán necesarios gestionar mediante un gestor autorizado. Estos lodos junto con los residuos de la pulpa son designados como residuos inertes no peligroso que van a ser utilizados como compostaje o a vertederos fuera de la industria.

En este proyecto se va diseñar un tratamiento terciario, a continuación del biológico, mediante un reactor de ozono y un biofiltro posterior.

Una vez tratada el agua, esta será vertida al Río Duero mediante canalización. Obteniendo así una mejor calidad de agua a la salida de la industria.

## 5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

A continuación se describe el estudio de las diferentes alternativas en cuanto al tipo de desinfección como tratamiento terciario a emplear en el agua efluente de la industria papelera. También se hace un estudio de los diferentes tipos de biofiltros. Para ello, se describen las distintas alternativas que nos podemos encontrar.



## 5.1. Descripción de las distintas alternativas de desinfección

### 5.1.1. Cloración

El proceso de cloración se define como el uso de cloro o algunos de sus compuestos como desinfectantes. Este es uno de los procesos más empleados debido a dos ventajas, una de ellas se trata de su bajo costo, y la segunda ventaja se trata de su efecto residual. [1]

Los compuestos más comúnmente empleados en el tratamiento de aguas son el cloro gas ( $\text{Cl}_2$ ), el hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ), el hipoclorito de calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) y el dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ).

Cabe destacar hoy en día, que su empleo se ha reducido y se ha visto sustituido por otras tecnologías de desinfección puesto que se provoca un inconveniente organoléptico, es decir, la producción de compuestos organoclorados, así como la complejidad de empleo.

### 5.1.2. Radiación Ultravioleta (UV)

Este tratamiento consiste en la desinfección de aguas basada en la radiación emitida por fuentes de rayos ultravioletas (UV). El principal método de generación que más se emplea en la actualidad es la lámpara de arco de mercurio a baja presión, cuya ventaja es que el 85% de la luz emitida es monocromática con una longitud de onda (400 nm) que se encuentra en el intervalo óptimo para la obtención de efectos germicidas.

Hay que tener en cuenta que sólo son efectivos los rayos que alcanzan los organismos, por lo que es conveniente que el agua esté libre de turbidez, ya que así fuese actuarían como barrera de las bacterias y virus presentes en el agua a tratar.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

En un principio este método se centraba en una desinfección de aguas de suministro de gran calidad, pero recientemente se ha experimentado un interés en aplicar este método para la desinfección de aguas residuales industriales. Además hay que tener en cuenta que se trata de un tratamiento físico, puesto que no emplea compuestos químicos y por lo que no contribuye a la formación de compuestos tóxicos. [1]

Por lo tanto, se ha comprobado que es un método costoso en aplicaciones a pequeña escala, y además no es efectivo para aguas residuales industriales que presentan alta concentración de sólidos.

#### 5.1.3. Oxidación

Dentro del proceso de oxidación nos encontramos con dos grandes grupos, siendo uno de ellos la oxidación química y el otro que hace referencia a los procesos avanzados de oxidación. Siendo cada uno de estos dos grupos subdivididos en distintos procesos que se definen a continuación. [1]

##### ➤ Oxidación química

- Incineración: consiste en la oxidación térmica completa del residuo en fase gas a altas temperaturas. Cuyo principal inconveniente es la necesidad de utilizar un combustible auxiliar, provocando así el aumento del coste. Se emplea para pequeños caudales con elevada contaminación.
- Oxidación húmeda no catalítica (WAO): consiste en la oxidación de la materia orgánica soluble o en suspensión mediante oxígeno disuelto procedente de aire o de corrientes gaseosas enriquecidas en oxígeno. Se caracteriza por la formación de ácidos carboxílicos como productos no mineralizables, siendo estos tratados como compuestos biodegradables que no presentan ningún tipo de toxicidad. Es un proceso clásico de tratamiento de aguas residuales



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

industriales ya que trabaja a un rendimiento de entre el 75-90%, y aplicable para caudales con un contenido de demanda química de oxígeno entre 500 y 1500 mg/L.

- Oxidación húmeda catalítica (CWAO): este tratamiento se emplea para procesos con una tasa alta de mineralización. La presencia de catalizadores acelera la velocidad de la reacción de degradación de los compuestos orgánicos, a diferencia de la anterior es capaz de mineralizar el total de los compuestos orgánicos junto con compuestos inorgánicos como cianuros y amoníaco. El catalizador hace posible la operación en condiciones de temperatura y presión más moderadas que en el caso de la oxidación húmeda no catalítica, cuya acción se ve mejorada de forma económica en el balance final. El rendimiento de operación se encuentra entre el 75-99%, se utiliza principalmente para procesos que requieren una tasa de mineralización alta. Se indica para efluentes concentrados.
  
- Oxidación húmeda supercrítica (SWAO): hasta ahora, en los procesos anteriormente definidos, el oxidante primario debe atravesar la interfase gas-líquido imponiendo limitaciones al diseño de reactores puesto que debe tenerse en cuenta una posible limitación a la velocidad de transferencia de materia. Ahora bien, en el proceso de oxidación húmeda supercrítica, se rebasa el punto crítico del agua provocando así, la desaparición entre las fases, también los coeficientes de transporte aumentan permitiendo operar a elevadas velocidades de oxidación. Los compuestos orgánicos tóxicos y refractarios a la oxidación pueden degradarse a temperaturas elevadas con tiempos de residencia muy pequeños, entre 30 y 90 segundos. Con este proceso podemos tratar efluentes con contaminantes muy diversos. Además,



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

debemos de tener en cuenta que necesitamos una presión y unas temperaturas elevadas, que conlleva un aumento del coste de operación. Otro inconveniente que nos encontramos en la corrosión debida a la oxidación de los halógenos, fósforo y azufre, también tenemos que considerar que en el agua supercrítica la solubilidad de muchos compuestos inorgánicos es pequeña por lo que las sales tienden a depositarse en el reactor dando lugar a la erosión y taponamiento del mismo.

#### ➤ Procesos avanzados de oxidación

Los procesos avanzados de oxidación son aquellos procesos de tratamiento terciario que se basan en la generación de radicales altamente oxidantes como el radical hidroxilo ( $\text{OH}\cdot$ ). Estos radicales, al ser agentes oxidantes muy energéticos, son capaces de oxidar compuestos orgánicos, generándose radicales orgánicos libres ( $\text{R}\cdot$ ) [1].

Los radicales libres reaccionan con moléculas de oxígeno dando lugar a un peroxiradical, los cuales inician una vez así una serie de reacciones de degradación oxidativa que pueden dar lugar a la completa mineralización del contaminante. A su vez, los radicales hidroxilos son capaces de atacar a los compuestos aromáticos en posiciones ocupadas por un halógeno.

El radical libre  $\text{HO}_2\cdot$  y su conjugado con frecuencia están también involucrados en los procesos de degradación, pero se trata de radicales mucho menos reactivos que los radicales ( $\text{OH}\cdot$ ).

En la siguiente *tabla 1* se encuentran los distintos procesos de oxidación avanzada.



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

**MEMORIA**

*Tabla I: Procesos de oxidación avanzada*

| <b>PROCESOS HOMOGÉNEOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sin aporte de energía</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Con aporte de energía</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización en medio alcalino (<math>O_3/OH^-</math>)</li> <li>- Ozonización con peróxido de hidrógeno (<math>O_3/H_2O_2</math>) y (<math>O_3/H_2O_2/OH^-</math>)</li> <li>- Peróxido de hidrógeno y catalizador (<math>H_2O_2/Fe^{+2}</math>)</li> </ul> | <p>A) <u>Energía procedente de radiación ultravioleta (UV)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación y radiación ultravioleta (<math>O_3/UV</math>)</li> <li>- Ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta (<math>O_3/H_2O_2/UV</math>)</li> <li>- Foto-Fenton (<math>Fe^{+2}/H_2O_2/UV</math>)</li> </ul> <p>B) <u>Energía procedente de ultrasonidos (US)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación y ultrasonidos (<math>O_3/US</math>)</li> <li>- Peróxido de hidrógeno y ultrasonidos (<math>H_2O_2/US</math>)</li> </ul> <p>C) <u>Electroquímica</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación electroquímica</li> <li>- Oxidación anódica</li> <li>- Electro-Fenton</li> </ul> |
| <b>PROCESOS HETEROGÉNEOS</b>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización catalítica (<math>O_3/Catalizador</math>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización fotocatalítica (<math>O_3/TiO_2/UV</math>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ozonización heterogénea (<math>H_2O_2/TiO_2/UV</math>)</li> </ul>                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 5.2. Elección del proceso de eliminación de compuestos orgánicos no biodegradables

A la hora de la elección debemos de tener claro el objetivo al cual se pretende llegar, siendo este, la eliminación de los compuestos orgánicos que se encuentran en el agua a tratar.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

Analizando los procesos de cloración y radiación ultravioleta observamos que no consiguen eliminar este tipo de compuestos, ya que se tratan de procesos de desinfección. Por lo que eliminamos la posibilidad de su elección.

Los procesos de oxidación e incineración son empleados para caudales de agua con una elevada concentración de contaminantes. Teniendo en cuenta, que nuestra agua a tratar en la planta no cuenta con una concentración de contaminantes tan elevada, desestimamos su empleo en nuestro proyecto.

En cuanto a los procesos de adsorción y oxidación avanzada, podemos decir que son óptimos para su uso con aguas de baja concentración de contaminantes. En los procesos de absorción, el contaminante no sufre un proceso de destrucción, sino que el contaminante es adsorbido del resto para su posterior almacenamiento y eliminación. La elección de este tratamiento conlleva un coste adicional de gestión del contaminante, elevando así su ejecución. Por este motivo, desestimamos su implantación.

Dentro de los procesos de oxidación avanzada nos encontramos con dos grupos, homogéneos y heterogéneos, como se puede ver en la *tabla 1*.

Los procesos de oxidación avanzada heterogénea necesitan un catalizador para llevar su funcionamiento a cabo, y en muchas ocasiones un aporte extra de energía, lo cual implica un aumento en el coste; además requiere de una etapa de regeneración o en su defecto una gestión del residuo. Quedando en definitiva, este proceso no seleccionado para su implantación en esta planta.

Los procesos de oxidación avanzada homogéneos se encuentran divididos a su vez en dos grupos, siendo uno de ellos, los que necesitan aporte de energía y en otro grupo, los que no necesitan de este aporte. Dentro del grupo que precisan de energía destaca el proceso Foto-Fenton por su alta velocidad de oxidación, reduciendo los costes de reactivos ya que es un método muy efectivo y necesita pocas cantidades. En cuanto a los inconvenientes que ocasiona, podemos destacar dos, la formación de lodos, y el trabajo a pH ácido.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

En los procesos que no precisan de energía nos encontramos con los siguientes procesos, la ozonización en medio alcalino, la ozonización con peróxido de hidrógeno y el peróxido de hidrógeno y catalizador. A continuación, se expone en la *tabla II* las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos procesos para realizar su posterior comparación y elección.[1]

Tabla II. Procesos homogéneos sin aporte de energía de la oxidación avanzada. .[1]

| PROCESO                                                                                                 | VENTAJAS                                                                                                                                                                                   | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ozonización en medio alcalino (<math>O_3/OH^-</math>)</b>                                            | <ul style="list-style-type: none"><li>- Tecnología bien conocida.</li><li>- Buena flexibilidad para tratar distintos caudales y concentraciones.</li><li>- Fácil automatización.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Solubilidad de ozono en agua es baja.</li><li>- Coste de generación de ozono.</li></ul>                                                                                                                                              |
| <b>Ozonización con peróxido de hidrógeno (<math>O_3/H_2O_2</math>) y (<math>O_3/H_2O_2/OH^-</math>)</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Alta eficacia.</li><li>- Alta velocidad de degradación.</li><li>- Automatización sencilla.</li></ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"><li>- Coste de añadir ozono y peróxido de hidrógeno.</li></ul>                                                                                                                                                                             |
| PROCESO                                                                                                 | VENTAJAS                                                                                                                                                                                   | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Peróxido de hidrógeno y catalizador (<math>H_2O_2/Fe^{+2}</math>)</b>                                | <ul style="list-style-type: none"><li>- Muy eficaz para elevada DQO.</li><li>- Ampliamente desarrollado.</li></ul>                                                                         | <ul style="list-style-type: none"><li>- Catalizador homogéneo sin posibilidad de regeneración.</li><li>- Generación de lodos por el hidróxido de hierro.</li><li>- Trabajo a pH ácido</li><li>- Los ácidos orgánicos pueden entorpecer las reacciones intermedias.</li></ul> |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

Una vez expuesta la tabla y teniendo en cuenta que debemos de tratar un agua con un elevado contenido de DQO, nos decantamos por la elección de un proceso de ozonización en medio alcalino. Debido a que la elección de un proceso de peróxido de hidrógeno y catalizador ( $H_2O_2/ Fe^{+2}$ ) conlleva un mayor coste de gestión puesto que tenemos que contar con una gestión de lodos de hierro y un aumento de la conductividad del efluente asociado a las modificaciones de pH necesarias para una buena eficacia del proceso.

### 5.2.1. Ozonización en medio alcalino

El ozono se aplica industrialmente para el tratamiento de las aguas ya que se trata de un poderoso oxidante y eficiente bactericida. Su empleo ha permitido una mejora notable en el gusto, color, características de filtración y biodegradación de las mismas. Se han demostrado su gran efectividad en la decoloración de pulpa de celulosa, y en general, como tratamiento de efluentes acuosos altamente contaminados.

El ozono es un compuesto inestable que en medio acuoso es capaz de oxidar por vía directa, o indirecta, a partir de la formación de radicales hidroxilos ( $OH\cdot$ ). Si se aumenta el valor de pH de la mezcla la velocidad de reacción de formación hidroxilo, con un potencial de oxidación mayor que el ozono, aumenta. La característica de inestabilidad provoca que el compuesto después de su generación se descompone a oxígeno muy rápidamente, por lo que, se produce fácilmente *in situ* por descarga eléctrica en corriente de aire, es el método de generación más eficaz en la actualidad. La alta energía que se produce con este sistema permite disociar una molécula de oxígeno pura al juntarse con otras dos, produciéndose así dos moléculas de ozono.

El ozono puede reaccionar de forma directa o indirecta con un sustrato orgánico. En primer lugar vamos a hablar de la vía indirecta, mediante la cual los radicales hidroxilos actúan como oxidantes. Además esta vía se ve beneficiada de la elevada velocidad de reacción entre moléculas orgánicas y radicales hidroxilos, típicamente, entre  $10^6$  y  $10^9$



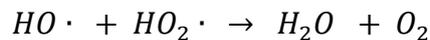
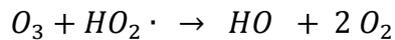
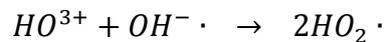
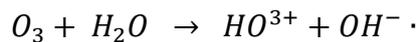
DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

veces mayor que la reacción directa con ozono molecular, ya que se representa como la reacción entre la molécula orgánica y el ozono disuelto.

La utilización de ozono conlleva un coste elevado de generación ya que se necesita un aporte de energía elevado. Este aporte también va a depender de la energía requerida para su síntesis a partir de aire con una oscilación entre 22 y 23 kWh/kg O<sub>3</sub>, mientras que a partir de oxígeno se reduce a valores entre 12-18 kWh/kg O<sub>3</sub> al cual habría que incrementar el coste de oxígeno. [1]

A continuación, se muestran las reacciones químicas basadas en la descomposición del mismo:



Según estas ecuaciones podemos verificar la generación de radicales libres ( $HO_2 \cdot$  y  $HO \cdot$ ) caracterizados por su gran poder oxidante, siendo los responsables para la destrucción de los compuestos orgánicos, además de no tener carácter selectivo lo que conlleva a una reacción con todos los compuestos presentes en el agua residual.



### 5.3. Descripción de los distintos tipos de biofiltros

La biofiltración es un tratamiento innovador para el tratamiento de aguas residuales producidas por las industrias. Se define como la combinación de una acción mecánica de retención de los materiales en suspensión mediante filtración y de una transformación biológica de los contaminantes contenidos en el agua que han de tratar, mediante la intervención de microorganismos.[2]

Encontramos diferentes tipos de biofiltros para la purificación biológica de las aguas que se clasifican en tres tipos: biofiltros de lecho fijo (BLF), biofiltros de lecho escurrido (BLE) y biolavadores. Esta clasificación se basa en las condiciones en las que se encuentran los microorganismos en el sistema y del patrón de flujo de la fase líquida. A continuación en la siguiente *tabla III* se puede observar la clasificación correspondiente.[4]

Tabla III. Clasificación de Biofiltros

|                |              | Fase líquida                       |                               |
|----------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                |              | En movimiento                      | Estacionaria                  |
| Fase biológica | Dispersa     | Biolavador                         |                               |
|                | Inmovilizada | Biofiltro de lecho escurrido (BLE) | Biofiltro de lecho fijo (BLF) |

A continuación procedemos a la definición de cada uno de los tipos.

#### – BIOLAVADOR

Los biolavadores se caracterizan porque en ellos se lleva a cabo la descontaminación de los gases residuales, mediante una primera absorción en la fase líquida localizada en la torre de absorción, donde la función principal consiste en hacer fluir el gas a contracorriente a través del líquido produciendo así una absorción de los contaminantes y del O<sub>2</sub>. A continuación el líquido es alimentado a un reactor empacado de un material inerte cubierto de la película biológica encargada de degradar al contaminante. Este tipo de biofiltros



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

presenta buenos resultados para el tratamiento de compuestos muy solubles.[4]

#### – *BIOFILTRO DE LECHO ESCURRIDO (BLE)*

Los BLE consisten en una columna empacada con un soporte inerte, usualmente material cerámico o plástico, donde se desarrolla la biopelícula. A través del lecho se alimenta una corriente gaseosa que contiene al sustrato para biodegradar y una corriente líquida que es comúnmente reciclada a través del lecho y que tiene la función de aportar nutrientes esenciales a la biopelícula, así como de remover los productos de degradación de los microorganismos. Estos se emplean para compuestos solubles en agua. Al igual que los biolavadores, estos presentan una recirculación del líquido facilitando la eliminación de los productos de reacción así como un mayor control sobre el proceso biológico a través del control del pH y la composición del medio líquido. A diferencia de los biolavadores, estos se llevan a cabo en un solo reactor, reduciendo la huella física y la operación del mismo. [4]

#### – *BIOFILTRO DE LECHO FIJO (BLF)*

Los BLF están compuestos por un lecho empacado que se conoce como material filtrante y que puede ser sintético u orgánico, que sirve como soporte para los microorganismos, y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para su desarrollo.

Encontramos diferentes tipos de materiales filtrantes como son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de madera, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos toles como las cáscaras de cacahuets, de arroz o de coco, fibra de caña de azúcar, etc.

La principal función de estos biofiltros de lecho fijo consistes en hacer pasar la corriente contaminada a través de un lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. Tienen como peculiaridad estos biofiltros



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

la posibilidad de tratar contaminantes muy poco solubles, y como desventaja podemos decir que presenta una mayor huella física que los otros tipos de biofiltros mencionados. [4]

De forma gráfica vamos a presentar a continuación las ventajas e inconvenientes que los diferentes procesos presentan a la hora de llevar a cabo su elección para su posterior ejecución.

Tabla IV. Ventajas e inconvenientes de los distintos tipos de biofiltros. [4]

| Tipo de biofiltro | VENTAJAS                                                                                                                                        | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biolavador        | Mejor control de la reacción.<br><br>Posibilidad de evitar acumulación de subproductos.<br><br>Equipos compactos.<br><br>Baja caída de presión. | Baja superficie de contacto<br><br>No soporta periodos sin alimentación.<br><br>Genera lodo residual.<br><br>Arranque complejo.<br><br>Necesidad de aireación extra.<br><br>Altos costos de inversión, operación y mantenimiento.<br><br>Necesidad de suministrar nutrientes. |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

| Tipo de biofiltro                  | VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biofiltro de lecho escurrido (BLE) | <p>Control de concentración de sustratos.</p> <p>Posibilidad de evitar acumulación de subproductos.</p> <p>Equipos compactos</p> <p>Baja caída de presión.</p> <p>Alta transferencia de oxígeno y del contaminante.</p> | <p>Baja superficie de contacto</p> <p>Generación de lodos.</p> <p>No resiste periodos sin alimentación.</p> <p>Necesidad de suministrar nutrientes.</p> <p>Arranque complejo.</p> <p>Altos costes de inversión, operación y mantenimiento.</p> <p>Taponamiento por biomasa.</p> <p>Producción de agua de desecho.</p> <p>No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos.</p> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

| Tipo de biofiltro             | VENTAJAS                                                                                                                                                                                                                        | INCONVENIENTES                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biofiltro de lecho fijo (BLF) | Altas superficies de contacto<br><br>Fácil arranque y operación.<br><br>Bajos costos de inversión.<br><br>Soporta periodos sin alimentación.<br><br>Conveniente para operación intermitente.<br><br>No produce agua de desecho. | Poco control sobre fenómenos de reacción.<br><br>Baja adaptación a altas fluctuaciones de flujo de gas.<br><br>Grandes volúmenes de reactor.<br><br>No conveniente para tratamiento de contaminantes cuyos subproductos son compuestos ácidos. |

#### 5.4. Elección del biofiltro

Una vez definidos los diferentes tipos de biofiltros que nos encontramos, nos decantamos por el empleo de un biofiltro de lecho fijo (BLF) para la implantación en este proyecto. Para la elección me he basado en una serie de criterios entre los que cabe destacar, la no producción de lodos residuales, y la no pérdida de microorganismos durante el paso del agua efluente por el reactor, reduciendo así el aporte de microorganismos para que se lleve a cabo la función en concreto, con lo que conlleva una reducción de costes. Además, hay que tener en cuenta para la elección las características del efluente líquido procedente, en este caso, del reactor de ozonización.

En este proyecto, el biofiltro consta de un material de soporte el cual se compone de un material sintético para obtener unos resultados óptimos. En la parte inferior del mismo contamos con una bomba de alimentación y lavado, y un compresor de aire



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

(sistema de ventilación). Además presenta un tanque de agua, destinado el mismo al lavado del reactor. Se representa de forma gráfica en la siguiente *figura 1*.

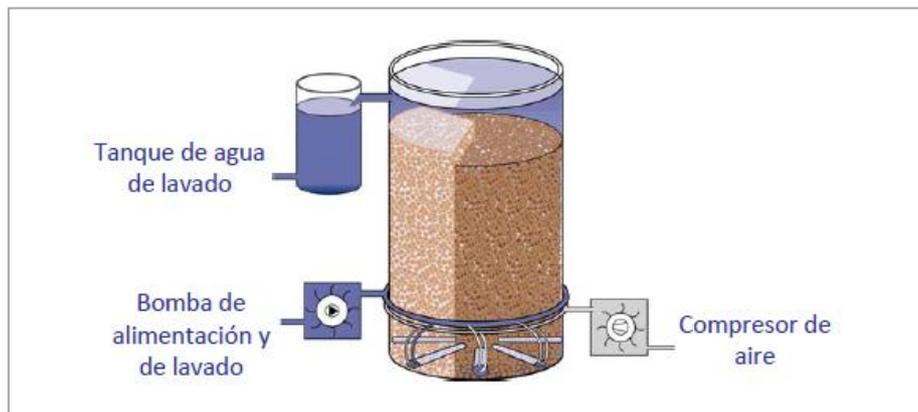


Figura 1: Biofiltro con lavado segmentado

## 6. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La implantación de un tratamiento terciario, en concreto, un reactor de ozonización seguido de un biofiltro conlleva un proceso productivo que se describe a continuación en forma de diagrama de flujo.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

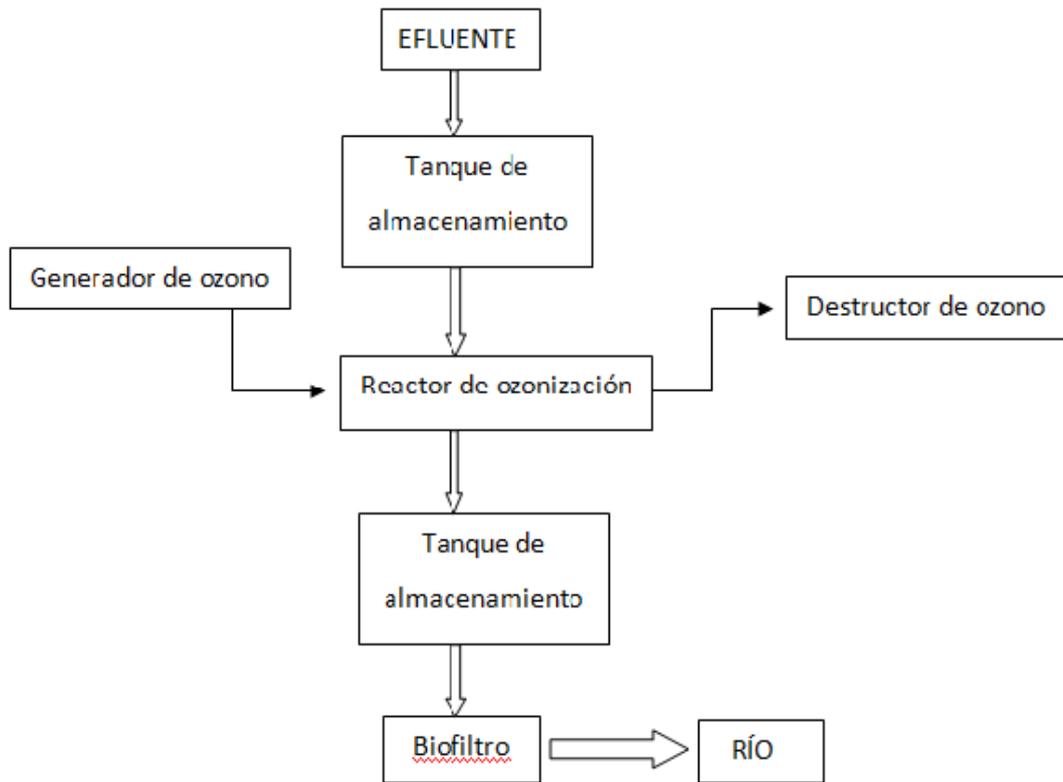


Figura II: Diagrama de flujo

## 6.1. Materias primas y maquinaria

En cuanto a las materias primas principales para poder llevar a cabo este proyecto son en concreto el oxígeno licuado y el ozono, los cuales son estudiados a continuación.

### Oxígeno licuado

El oxígeno licuado es el oxígeno (O<sub>2</sub>) en forma líquida. Se trata de una sustancia de color azulado pálido y es fuertemente paramagnética, es decir, que presentan una



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

gran tendencia a alinearse de forma paralela aquellos elementos libres en un campo magnético. Se considera a esta sustancia como un gas industrial.

Este oxígeno licuado se obtiene del oxígeno natural que se encuentra en el aire mediante destilación fraccionada compuesta. Las propiedades físicas y químicas de la sustancia se encuentran especificadas en la siguiente *tabla V*:

*Tabla V: Propiedades físicas y químicas del oxígeno licuado*

| Propiedades Físicas y Químicas                 |         |
|------------------------------------------------|---------|
| Peso Molecular ( kg/kmol)                      | 31,9988 |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )                  | 1,141   |
| Densidad relativa al aire (kg/m <sup>3</sup> ) | 1,1052  |
| Punto de ebullición (°C)                       | -183    |
| Estado de Agregación                           | Líquido |

### Ozono

El ozono (O<sub>3</sub>) es una molécula compuesta a partir de tres átomos de oxígeno, formada a disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno (O<sub>2</sub>), cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno dando lugar a moléculas de ozono.

Es una molécula generalmente incolora, pero en grandes cantidades se puede llegar a apreciar un ligero color azulado. En condiciones de presión y temperatura ambiental puede presentar un olor característico, ligeramente picante.

El ozono se forma de manera artificial mediante un generador de ozono, cuya función es la de transformar las moléculas de oxígeno a ozono.

Tiene un uso industrial importante como precursor en la síntesis de algunos compuestos orgánicos, pero principalmente, como desinfectante depurador y



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

purificador de aguas minerales. Se emplea desde 1893 desde entonces ha ido ganando popularidad y su uso es amplio ya que proporciona grandes ventajas en el tratamiento del agua como las que se exponen a continuación:

- Elimina olores y sabores del agua.
- No deja residuos.
- Compatible con otros tratamientos.
- No afecta al pH.
- No colorea el agua.
- No deja residuo químico perjudicial en el agua, excepto la formación de bromato en aguas con bromuro. Este inconveniente se puede solventar combinando el tratamiento con peróxido de hidrógeno.

También hay que destacar su propiedad principal, que se trata de un fuerte oxidante.

En la siguiente *tabla VI* quedan resumidas las propiedades físicas y químicas del ozono.

*Tabla VI: Propiedades físicas y químicas del Ozono*

| <b>Propiedades Físicas y Químicas</b> |        |
|---------------------------------------|--------|
| <b>Peso Molecular (Kg/Kmol)</b>       | 47,998 |
| <b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>    | 2,140  |
| <b>Punto de Ebullición (°C)</b>       | -112   |
| <b>Punto de Fusión (°C)</b>           | -192   |
| <b>Solubilidad en Agua (g /100ml)</b> | 0,105  |
| <b>Estado de agregación</b>           | Gas    |

En cuanto a la maquinarias y equipos de instalación contaremos principalmente con:

- Generador de Ozono
- Reactor de Ozono
- Destructor de Ozono



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

## MEMORIA

- Tanques de almacenamiento
- Biofiltro
- Equipos de impulsión
- Instalación eléctrica

## 7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

### 7.1. Diseño de la edificación

La planta a instalar contará con una nave rectangular de dimensiones 15x10 m y la altura del pilar es igual a 8 m, siendo la altura de coronación igual a 9 m. La cubierta cuenta con una pendiente del 20%.

La nave tendrá una superficie total de 150 m<sup>2</sup>.

La superficie total a ocupar por el proyecto va a ser de 1.400 m<sup>2</sup>, puesto que los tanques de almacenamiento y el biofiltro se van a situar fuera de la nave, como queda justificado en el anejo y plano correspondiente, *Plano 4. Distribución en planta*.

### 7.2. Características de los elementos constructivos

#### 7.2.1. Actuaciones previas y movimiento de tierras

La parcela es un solar, por lo tanto, no se necesita demolición. Está preparada como zona industrial pero aun así necesitará explanación del terreno previa de hasta los 20 cm.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

Se debe hacer posteriormente un desbroce y una limpieza superficial del terreno, eliminando como mínimo hasta 15 cm de profundidad, que es lo que corresponde a la capa arable del suelo. Esta operación se realiza con una retroexcavadora.

Después se procede a la excavación de pozos y zanjas para colocar las zapatas y las acometidas correspondientes, también emplearemos la retroexcavadora. Las tierras procedentes de la excavación y limpieza son llevadas al vertedero.

### 7.2.2. Cimentación y estructura

La construcción de la nave se llevará en el siguiente orden de actuación, siendo en primer lugar la preparación de las cimentaciones de hormigón armado. Posteriormente se procede a la preparación de los pilares y vigas. Terminando con la colocación de los cerramiento y cubierta.

La nave está construida con hormigón armado HA-25 N/mm<sup>2</sup>. El total de la estructura es prefabricada a excepción de las zapatas, ya que estas son rígidas y tienen unas dimensiones igual a 1,4 x 1,4 x 0,5 m.

### 7.2.3. Pilares

Los pilares se van a construir mediante el empleo de acero laminado S-275-JR. Para el dimensionamiento de los mismos se emplearán perfiles laminados tipo HEB, dispuestos con una separación de 5m en el sentido longitudinal de la nave.

Además, se encuentran empotrados en la cimentación y unidos con un apoyo tipo empotrado-libre a las cerchas isostáticas.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### MEMORIA

#### 7.2.4. Cubierta

El panel utilizado será de la casa PACESA, más concretamente el panel de la cubierta es un tipo PC-1000 o similar de 25 mm de espesor, conformado por dos capas de acero laminado en frío, lacadas o galvanizadas y unidas entre sí por un núcleo central aislante de espuma rígida de poliestireno expandido, cuya densidad es igual a  $0,03\text{KN/m}^2$ .

La instalación del panel sándwich se realiza sobre las correas metálicas y se sujetan a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforan en la cresta de la greca.

Se consideran en los cálculos un peso del material de cubierta igual a  $0,17\text{ KN/m}^2$  teniendo en cuenta los elementos auxiliares de fijación.

#### 7.2.5. Cerramientos

La nave se cerrará con paneles prefabricados de hormigón de 12 cm de grosor los cuales dispondrán de las perforaciones necesarias para el paso de las tuberías del sistema.

#### 7.2.6. Solera

La solera estará formada por una capa de hormigón de 10 cm de espesor, y una de polietileno de 2 cm, que evitará el ascenso de humedad del terreno.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

MEMORIA

7.2.7. Carpintería

La entrada a la nave será a través de una puerta metálica, la cual va contar con una puerta corredera de dimensiones igual a 4 m largo x 4 m de alto, en la cual irá adosada una puerta de acceso al personal de dimensiones igual a 2 m de alta x 1 m de ancha.

## 8. INGENIERÍA DE LAS INSTALACIONES

### 8.1. Instalación de saneamiento

La instalación de saneamiento hace referencia a la canalización encargada de recoger las aguas pluviales y dirigirla mediante canalización hasta la arqueta general. Para este tipo de tuberías se empleará material de PVC.

La red estará formada por canalones de PVC de 125 mm de diámetro, y por bajantes, también de PVC, con un diámetro de 75 mm. También se colocarán arquetas a pie de bajante de 40 x 40 cm, y de aquí va al colector por una tubería de 90 mm de diámetro. Las tuberías desembocarán en la arqueta correspondiente de aguas pluviales.

### 8.2. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica a implantar se calculará de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para baja tensión. Por lo que, la instalación estará formada por los siguientes componentes.

- Acometida, es la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la Caja General de Protección.
- Caja General de Protección, es donde se alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEMORIA

- Contadores, son los dispositivos para la medida eléctrica.
- Cuadro general, el cual se encuentra dividido en 5 cuadros secundarios
- Derivaciones individuales

La energía consumida en la industria será suministrada por la compañía eléctrica Iberdrola en baja tensión, siendo la tensión de la línea:

230 V en fase y neutro (monofásico)

400 V entre las tres fases y el neutro (trifásico)

Se contará con un alumbrado interno, para el cual se hará uso de luminarias tipo campanas LED de 200 W, en concreto, se emplearán un total de 6 campanas distribuidas de forma uniforme por toda la nave.

También se contará con un alumbrado de emergencia, cuyas luminarias son de tipo FL8 W G5, cuyas principal característica hace referencia a la batería recargable de las que disponen cada una de ellas. Emplearemos para este proyecto un total de 5 lámparas distribuidas de forma uniforme por toda la nave.

### **8.3. Instalación de protección contra incendios**

La instalación estará formada por un extintor de polvo ABC.

Además no será preciso de boca de incendios puesto que el ozono no es un gas inflamable, sino que es tóxico. Por lo que las medidas de riesgo son bajas, no tomándose mayores medidas al respecto.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

MEMORIA

## **9. URBANIZACIÓN**

En cuanto a la urbanización de este proyecto se puede destacar que va a ser implantado dentro de la parcela de la industria. Haciendo uso de un total de 1.400 m<sup>2</sup> de los cuales se introducirá la nave de almacenamiento del reactor de ozonización que contará con 150m<sup>2</sup>, y la disposición de los tanques en la parte externa de la misma.

## **10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Para dar cumplimiento a la Ley 3/2005 de 23 de Mayo, de Prevención Ambiental de Castilla y León relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación que ha sido incorporada recientemente en la normativa básica del Estado. Por ello, se redacta de forma detallada un Estudio de Impacto Ambiental, ver Anejo 10.

El Estudio de Impacto Ambiental se redacta con el fin de identificar la incidencia de la actividad, de la elaboración, sobre la salubridad y el medio ambiente, riesgos potenciales para personas o bienes y medidas correctoras.

## **11. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Para dar cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad laboral, aplicables a las obras de construcción, se redacta un Estudio de Seguridad y Salud, ver Anejo 11.

Este estudio identifica los riesgos en cada fase constructiva, indicando las normas básicas de seguridad y las protecciones colectivas e individuales.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

MEMORIA

## 12. PLANIFICACIÓN DE LA OBRA

La planificación de la obra se realiza mediante un Diagrama de Gantt, en el cual se definen la duración estimada para cada una de las actividades que se van a ejecutar para llevar a cabo su implantación.

Como quede representado a continuación en la siguiente tabla.



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

MEMORIA

*Tabla VII: Diagrama de Gantt*

|                                |                       | PLANIFICACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCION DE LAS FASES DE LA OBRA |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|--------|----|----|----|------------|----|----|----|
| ACTIVIDAD                      | PLAZO<br>(nº semanas) | MAYO                                                          |    |    |    | JUNIO |    |    |    | JULIO |    |    |    | AGOSTO |    |    |    | SEPTIEMBRE |    |    |    |
|                                |                       | S1                                                            | S2 | S3 | S4 | S1    | S2 | S3 | S4 | S1    | S2 | S3 | S4 | S1     | S2 | S3 | S4 | S1         | S2 | S3 | S4 |
| Movimiento de tierras          | 2                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Red General de saneamiento     | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Red General de Electricidad    | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Cimentación y estructura       | 3                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Cubierta                       | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Cerramientos                   | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Solado                         | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Carpintería                    | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Instalación Eléctrica          | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Instalación contra incendios   | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Instalación motores            | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Instalación Sistema y tuberías | 3                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |
| Instalación Maquinaria         | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |



### **13. NORMAS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL PROYECTO**

- CTE. DB. SE. BASES DE CÁLCULO
- CTE.DB.SE-AE. ACCIONES DE LA EDIFICACIÓN
- CTE.DB.SE-C. CIMENTACIÓN
- CTE.DB.SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO
- CTE.DB. HS. SALUBRIDAD
- CTE.DB. HR. PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO
- Ley 11/2003 de Prevención de Impacto Ambiental de Castilla y León
- Ley 16/2002 de Prevención y control integrados de la contaminación
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos laborales
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción
- ITC-BT. Reglamento electrotécnico para baja Tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 60/2011, de 21 de Enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
- Ordenanza nº 33. Reguladora de los vertidos de aguas residuales a las redes municipales de alcantarillado del Ayuntamiento de Almazán, (Soria)
- Código ASME



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

MEMORIA

## 14. PRESUPUESTO

Los datos obtenidos del presupuesto económico realizado para la ejecución de este proyecto es el siguiente:

|                                                |                     |
|------------------------------------------------|---------------------|
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. ....</b> | <b>541.325,36 €</b> |
| 15 % Gastos Generales. ....                    | 81.198,80 €         |
| 6 % Beneficio Industrial. ....                 | 32.479,52 €         |
| Suma. ....                                     | 655.003,68 €        |
| 21 % I.V.A. de Contrata. ....                  | 137.550,77 €        |
| <b>PRESUPUESTO DE CONTRATA. ....</b>           | <b>792.554,45 €</b> |

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:

SETECIENTOS NOVENTA Y DOS MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON  
CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

*Soria, Junio 2015*

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*

*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*

# **ANEJOS DE LA MEMORIA**

# ANEJOS

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                        | Página |
|--------------------------------------------------------|--------|
| ANEJO 1: SITUACIÓN ACTUAL                              | 1      |
| ANEJO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO                       | 11     |
| ANEJO 3: DISEÑO DEL REACTOR DE                         | 16     |
| ANEJO 4: INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO                     | 61     |
| ANEJO 5: CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS                        | 83     |
| ANEJO 6: INSTALACIÓN ELÉCTRICA                         | 136    |
| ANEJO 7: INSTALACIÓN SANEAMIENTO                       | 155    |
| ANEJO 8: INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN<br>CONTRA INCENDIOS | 160    |
| ANEJO 9: PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO                    | 169    |
| ANEJO 10: PLANIFICACIÓN DE LA OBRA                     | 170    |
| ANEJO 11: ESTUDIO GEOTÉCNICO                           | 173    |
| ANEJO 12: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL                 | 174    |
| ANEJO 13: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD                 | 183    |
| ANEJO 14: ESTUDIO ECONÓMICO                            | 251    |
| ANEJO 15: BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA                     | 265    |

*ANEJO 1*

*SITUACIÓN ACTUAL*

## ÍNDICE ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

|                                    | <i>Página</i> |
|------------------------------------|---------------|
| <b>1. ÁMBITO TERRITORIAL</b> _____ | <b>1</b>      |
| <b>2. URBANIZACIÓN</b> _____       | <b>2</b>      |
| <b>3. MATERIAS PRIMAS</b> _____    | <b>4</b>      |
| <b>4. DATOS DE PARTIDA</b> _____   | <b>6</b>      |
| <b>5. CONSTANTE CINÉTICA</b> _____ | <b>7</b>      |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

### 1. ÁMBITO TERRITORIAL

Este Trabajo Fin de Grado se realiza para su implantación en la industria papelera, en la cual se va a instalar un tratamiento terciario para el tratamiento de las aguas, en concreto se trata de la Industria Papelera en la localidad de Almazán, Soria (España).

La planta consta de un pretratamiento y tratamiento primario por tamizado. A continuación tiene como tratamiento secundario un reactor biológico. En este proyecto se va a diseñar un tratamiento terciario, a continuación del biológico, de ozono. Una vez tratada el agua, esta será vertida al Río Duero mediante canalización.

La industria papelera, cuenta con un caudal efluente de agua necesaria para su producción igual a  $2.000 \text{ m}^3/\text{día}$ , siendo este caudal el que vamos a tratar en el presente proyecto. La industria consume agua directamente del Río Duero. En el caso de que exista una riada se realiza un tratamiento en la captación del agua mediante floculación con PAC (Policloruro de Aluminio). Ante una situación de emergencia, existe la posibilidad de realizar una captura de agua urbana, para evitar así el parón de producción en fábrica.

En la siguiente *figura 1.1* podemos ver la Localización de la planta.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

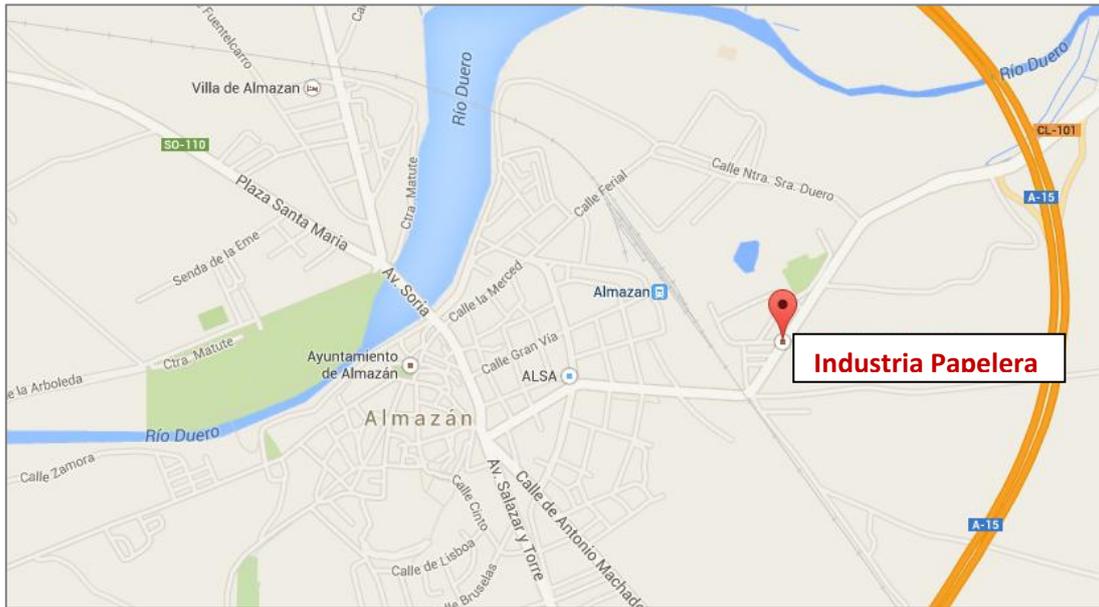


Figura 1.1.: Localización de la planta

## 2. URBANIZACIÓN

En concreto, en el presente proyecto, se va a llevar a cabo la ejecución de la nave, la cual tiene una superficie de  $150 \text{ m}^2$ , y la implantación del sistema en la misma, para ello se hará uso de una superficie total igual a  $1.400 \text{ m}^2$ , ajustándose a las necesidades



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

requeridas. Además la nave dispondrá de los servicios mínimos requeridos: redes de saneamiento y electricidad.

Se tendrá en cuenta las normas urbanísticas de la parcela clasificada en suelo industrial según las Ordenanzas Reguladoras de Almazán.

Según el Plan General de Ordenación Urbana de Almazán, el terreno objeto de estudio está clasificado como Suelo Urbanizable. De acuerdo con la Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León, este suelo se clasifica como suelo urbano según la siguiente definición:

“Los terrenos que cuenten con acceso rodado integrado en la malla urbana, abastecimiento de agua, saneamiento y suministro de energía eléctrica, en condiciones suficientes y adecuadas para servir a las construcciones e instalaciones que sobre ellos permita el planeamiento urbanístico”.

Las obras de urbanización admisibles, al tratarse de zona industrial, que se realizará en la parcela, y que deberán ajustarse al régimen de comunicación, son debidas al movimiento de tierras, nueva edificación y actividad industrial.

### **REDES DE SUMINISTRO**

La parcela al pertenecer a la industria papelera, dispondrá de redes de suministro de energía eléctrica, agua y saneamiento.

Red de suministro de energía eléctrica: la energía eléctrica será suministrada por la empresa eléctrica Iberdrola. En la parcela existe instalada una red de suministro capaz de proporcionar grandes cantidades de energía sin necesidad de disponer de un transformador.

Red de suministro de agua potable: la parcela cuenta con abastecimiento de agua potable.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

Red de saneamiento: la parcela también dispone de una red de evacuación de aguas fecales, residuales y pluviales. Haciendo en este proyecto sólo uso de la red de saneamiento de aguas pluviales que van a red de alcantarillado municipal.

### 3. MATERIAS PRIMAS

En el proceso de oxidación se utilizan principalmente como materias primas el oxígeno licuado y el ozono que se producen *in situ*.

#### Oxígeno licuado

El oxígeno licuado es el oxígeno (O<sub>2</sub>) en forma líquida. Se trata de una sustancia de color azulado pálido y es fuertemente paramagnética, es decir, que presentan una gran tendencia a alinearse de forma paralela aquellos elementos libres en un campo magnético. Se considera a esta sustancia como un gas industrial.

Este oxígeno licuado se obtiene del oxígeno natural que se encuentra en el aire mediante destilación fraccionada compuesta. Las propiedades físicas y químicas de la sustancia se encuentran especificadas en la siguiente *tabla 1.1*:

*Tabla 1.1: Propiedades físicas y químicas del oxígeno licuado*

| Propiedades Físicas y Químicas                 |         |
|------------------------------------------------|---------|
| Peso Molecular ( kg/kmol)                      | 31,9988 |
| Densidad (kg/m <sup>3</sup> )                  | 1,141   |
| Densidad relativa al aire (kg/m <sup>3</sup> ) | 1,1052  |
| Punto de ebullición (°C)                       | -183    |
| Estado de Agregación                           | Líquido |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

### Ozono

El ozono ( $O_3$ ) es una molécula compuesta a partir de tres átomos de oxígeno, formada a disociarse los dos átomos que componen el gas de oxígeno ( $O_2$ ), cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno dando lugar a moléculas de ozono.

Es una molécula generalmente incolora, pero en grandes cantidades se puede llegar a apreciar un ligero color azulado. En condiciones de presión y temperatura ambiental puede presentar un olor característico, ligeramente picante.

El ozono se forma de manera artificial mediante un generador de ozono, cuya función es la de transformar las moléculas de oxígeno a ozono.

Tiene un uso industrial importante como precursor en la síntesis de algunos compuestos orgánicos, pero principalmente, como desinfectante depurador y purificador de aguas minerales. Se emplea desde 1893; desde entonces ha ido ganando popularidad y su uso es amplio ya que proporciona grandes ventajas en el tratamiento del agua como las que se exponen a continuación:

- Elimina olores y sabores del agua.
- No deja residuos.
- Compatible con otros tratamientos.
- No afecta al pH.
- No colorea el agua.
- No deja residuo químico perjudicial en el agua, excepto la formación de bromato en aguas con bromuros. Este inconveniente se puede solventar combinando el tratamiento con peróxido de hidrógeno.

También hay que destacar su propiedad principal que se trata de un fuerte oxidante.

En la siguiente *tabla 1.2* quedan resumidas las propiedades físicas y químicas del ozono.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

Tabla 1.2: Propiedades físicas y químicas del Ozono

| Propiedades Físicas y Químicas |        |
|--------------------------------|--------|
| Peso Molecular (Kg/Kmol)       | 47,998 |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )  | 2,140  |
| Punto de Ebullición (°C)       | -112   |
| Punto de Fusión (°C)           | -192   |
| Solubilidad en Agua (g /100ml) | 0,105  |
| Estado de agregación           | Gas    |

#### 4. DATOS DE PARTIDA

A la hora de realizar el diseño del equipo a instalar en la planta debemos de conocer las propiedades, características físicas y químicas, y la cantidad de agua que vamos a tratar.

Para ello contamos en primer lugar con las características del efluente de la planta, es decir, el agua que va a llegar para ser tratado en nuestro reactor.

Se representan las propiedades presentes en el agua en la siguiente *tabla 1.3*.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

Tabla 1.3: Propiedades del agua a tratar.

| Parámetro                        | Valor | Unidades                                   |
|----------------------------------|-------|--------------------------------------------|
| Caudal                           | 2000  | m <sup>3</sup> /día                        |
| pH                               | 7,8   |                                            |
| Temperatura                      | 24    | (°C)                                       |
| Conductividad                    | 1,284 | (mS/cm)                                    |
| Color                            | 102   | (mg/lPt)                                   |
| Redox                            | 79    | (RMV)                                      |
| DSST                             | -     | (mg/L)                                     |
| Sólidos Suspendidos              | 40    | (105 <sup>a</sup> C, mg/L)                 |
| Sólidos Suspendidos Volátiles    | 20    | (525 <sup>a</sup> C, mg/L)                 |
| Turbidez                         | 18,16 | (NTU)                                      |
| Dureza                           | 260   | (ppm Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> ) |
| Alcalinidad simple               | 0     | (mg CaCO <sub>3</sub> /L)                  |
| Alcalinidad total                |       | (mg CaCO <sub>3</sub> /L)                  |
| Demanda Química de Oxígeno Total | 135,0 | (mgO <sub>2</sub> /l)                      |
| Demanda Química de Oxígeno Total | 127   | (0,45 μm, mgO <sub>2</sub> /L)             |
| DBO <sub>5</sub>                 | 5     | (mgO <sub>2</sub> /l)                      |
| Nitrógeno total                  | 16,0  | (mg/L)                                     |
| Fósforo total                    | 6,000 | (mg/L)                                     |
| Hierro total                     | 0,039 | (mg/L)                                     |

## 5. CONSTANTE CINÉTICA

En primer lugar, voy a explicar el significado de la constante cinética y a continuación se verá el caso concreto del proyecto a tratar.

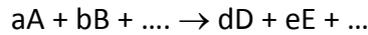
En cuanto al objetivo de la cinética química, consiste en explorar las leyes que rigen el cambio de la composición de un sistema en el tiempo y su relación con las variables que definen su estado, en particular, con la presión, la temperatura y la composición.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

La velocidad de reacción de un sistema se ve representado de la siguiente manera:



que formulada en términos de concentraciones molares, se define como:

$$v = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \dots = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} = \frac{1}{e} \frac{d[E]}{dt} \dots$$

La ecuación de velocidad cinética es una ecuación matemática que relaciona la velocidad de reacción con las variables de que depende.

En algunos sistemas la ecuación cinética puede adoptar una forma sencilla:

$$v = k \cdot [A]^\alpha \cdot [B]^\beta \cdot \dots [D]^\delta \cdot [E]^\varepsilon \dots$$

En este caso, la reacción tiene un orden definido.

El valor  $K$ , recibe el nombre de constante de velocidad y es función de la temperatura. De tal manera, que al aumentar la temperatura, la constante de velocidad también aumenta.[5]

Para obtener el resultado, linealizamos los datos, de tal manera que podemos obtener reacciones de diferente orden en función del reactivo. Por lo tanto, en concreto en este proyecto, contamos con las siguientes características:

Tabla 1.4: Evolución de DQO en el tiempo

|            |              | Tiempo (min) | DQO (mg/L) | DQO inc | Ln DQO | 1/DQO  |
|------------|--------------|--------------|------------|---------|--------|--------|
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 0            | 152,2      | 0,0     | 5,0    | 0,0066 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 30           | 48,6       | 103,6   | 3,9    | 0,0206 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 60           | 25,7       | 22,9    | 3,2    | 0,0390 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 90           | 19,3       | 6,4     | 3,0    | 0,0518 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 120          | 16,3       | 3,0     | 2,8    | 0,0612 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 150          | 16,1       | 0,2     | 2,8    | 0,0619 |
| 12/04/2011 | <b>Media</b> | 180          | 15,5       | 0,6     | 2,7    | 0,0643 |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

De tal manera que se obtiene la siguiente gráfica, con la que podemos definir el orden de la reacción, en función de la evolución de la concentración de DQO en el tiempo.

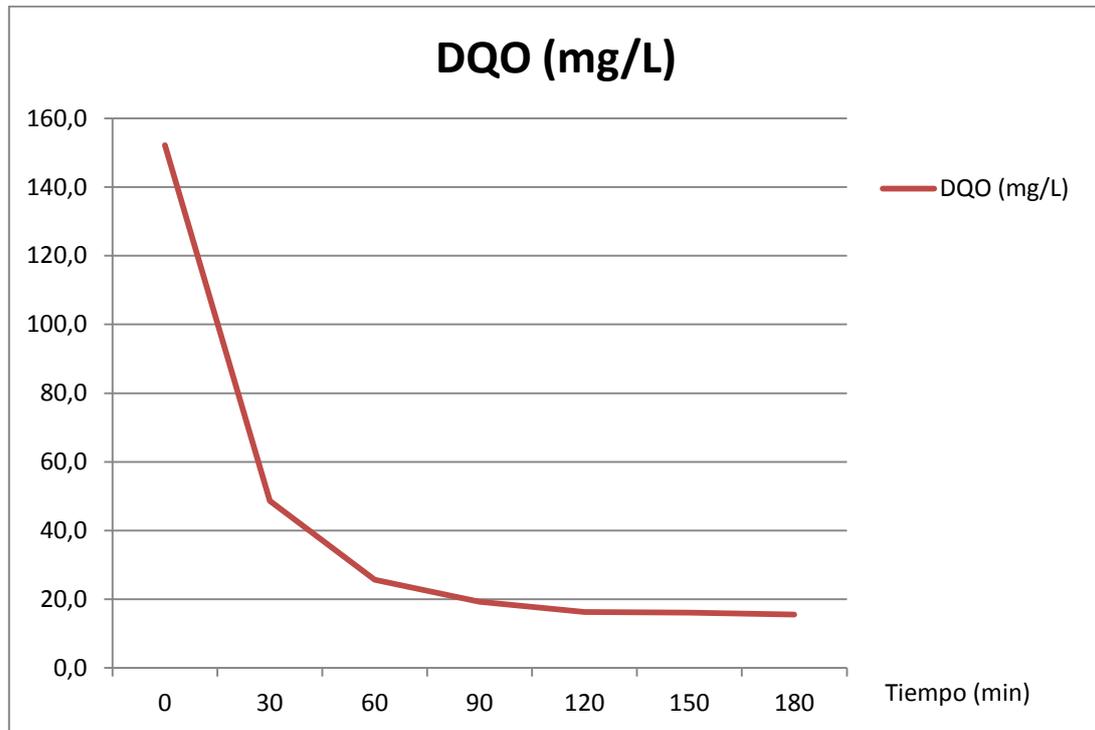


Figura 1.2: Gráfica de relación de DQO en función del tiempo

Según esta gráfica, los valores obtenidos de laboratorio, se puede decir que se trata de una reacción de pseudo-primer orden. A partir de una cierta concentración su velocidad es muy pequeña. Por lo que, se deduce de esta representación, que a partir de una concentración inicial de 152,2 mg/L se obtiene un valor de 25,7 mg/L tras un periodo de tiempo de 60 minutos, (depurándose un total de 126,5 mg/L en 60 minutos) a partir del cual la velocidad de reacción comienza a ser mínima.

Entonces, será este el valor al que hay que llegar en el reactor de ozono a diseñar, ya que para obtener un valor menor de DQO necesitamos invertir mucho reactivo, y no sería rentable. El nivel de salida, sigue siendo elevado en función con los límites establecidos de vertido. Para su tratamiento posterior y debido a la producción de



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

## ANEJO 1. SITUACIÓN ACTUAL

compuestos oxidados más biodegradables gracias a la ozonización, esta agua es posteriormente tratada en un biofiltro, reduciendo costes y mejorando la calidad de la misma.

*ANEJO 2*  
*DESCRIPCIÓN DEL*  
*PROCESO*

## ÍNDICE ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

|                                    | <i>Página</i> |
|------------------------------------|---------------|
| <b>1. PROCESO PRODUCTIVO</b> _____ | <b>11</b>     |
| <b>2. DIAGRAMA DE FLUJO</b> _____  | <b>12</b>     |
| <b>3. EQUIPAMIENTO</b> _____       | <b>12</b>     |
| <b>4. SISTEMA DE CONTROL</b> _____ | <b>13</b>     |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 1. PROCESO PRODUCTIVO

La industria papelera donde se lleva a cabo la manufacturación de la pulpa y el papel se caracteriza por el requerimiento de grandes volúmenes de agua, siendo uno de los puntos críticos de la mejora de la sostenibilidad del sector papelero.

En concreto el proceso productivo de este proyecto cuenta en primer lugar, con un tanque de almacenamiento (TK-101) cuyo efluente corresponde al tratamiento secundario de la planta en la que se va a implantar; a continuación dicho efluente atraviesa el reactor de ozono (R-101) y es expulsado, posteriormente, a un tanque de almacenamiento (TK-102), para evitar así paradas en el proceso por fallos surgidos en el reactor de ozono y que el proceso de biofiltración (BF-101) cuente con un efluente continuo.

El reactor de ozono (R-101) se encuentra alimentado por el efluente del TK-101 y por el ozono producido en el generador de ozono (G-101), este a su vez se alimenta de la bombona de oxígeno. Posteriormente, en el reactor no se produce la descomposición completa del ozono, por ello se dispondrá de un destructor de ozono (DO- 101) por medidas de seguridad, ya que se trata de un gas oxidante.

Todos los tanques se encuentran comunicados por tuberías de dimensionado apropiado con las exigencias requeridas. Además, todo el sistema se encuentra con una doble línea de comunicación, para que no se produzcan paradas de trabajo durante el mantenimiento del sistema.

El sistema se encuentra esquematizado en el plano N°5 correspondiente al Proceso Productivo.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 2. DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación se muestra el diagrama de flujo del sistema a implantar.

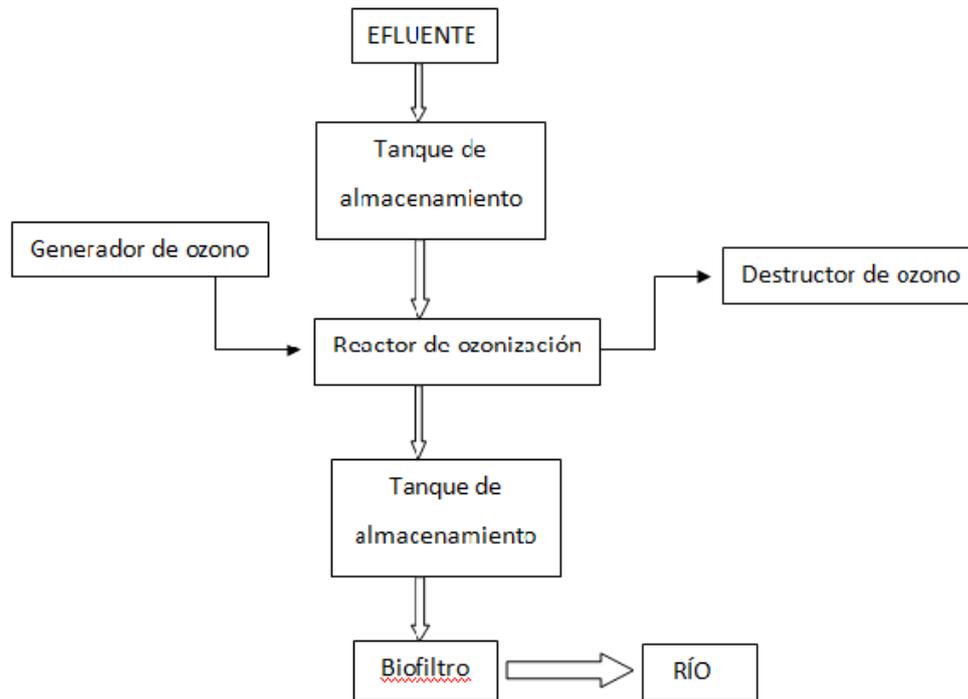


Figura 2.1: Diagrama de flujo

Todos los equipos que intervienen en el proceso se encuentran recogidos en el plano Nº5 correspondiente de Proceso productivo.

### 3. EQUIPAMIENTO

Contaremos en este proyecto con una ejecución de obra civil la cual será necesaria para la implantación del sistema en la industria.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para ello, se cuenta con una nave de 150 m<sup>2</sup> donde se va a alojar el reactor de ozonización, junto al generador y al destructor de ozono. Además, cabe destacar, que existirá comunicación directa con los tanques ubicados en el exterior de la misma. Por ello, el cerramiento lateral de la nave contará con una serie de perforaciones necesarias para el paso de las tuberías.

También será de necesidad el empleo de bombas para el movimiento del agua dentro del sistema, estas se encuentran especificadas en el *Anejo 3. Diseño del reactor*. Siendo de utilidad un total de 6 bombas centrífugas distribuidas por el sistema, más concretamente, cuatro de ellas se encuentran adosadas en el interior de la nave, y dos en el exterior, siendo estas necesarias para comunicar el tanque de almacenamiento (TK-102) con el biofiltro (BF-101).

En definitiva, todas las perforaciones necesarias se encuentran detalladas en el plano correspondiente de cerramientos de la nave, y en el plano de distribución en planta se puede ver la ubicación de cada uno de los equipamientos.

## 4. SISTEMA DE CONTROL

Este proyecto deberá contar con un sistema de control de seguridad, para ello a continuación se indicará los puntos dónde y qué se necesita controlar. En cuanto a ello, no se hace referencia a su ejecución puesto que no es de mi ámbito su realización, pero sí queda indicado los puntos a controlar.

En primer lugar definimos los símbolos y significados que se representan.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Tabla 2.1: Simbología del sistema de control

| SÍMBOLOGÍA | ACCIÓN QUE REALIZA                                                           |
|------------|------------------------------------------------------------------------------|
|            | CONTROL DE PRESIÓN QUE MANDA A SALA DE CONTROL                               |
|            | CONTROL DE PRESIÓN DEL TANQUE                                                |
|            | CONTROL DE TEMPERATURA QUE MANDA A SALA DE CONTROL                           |
|            | CONTROL DE TEMPERATURA DEL TANQUE                                            |
|            | MECANISMO DE CONTROL DE CAUDAL                                               |
|            | MECANISMO DE CONTROL DE PRESIÓN                                              |
|            | CONTROL DE NIVEL EN EL REACTOR DE OZONO                                      |
|            | CONTROL DE TEMPERATURA EN EL REACTOR DE OZONO QUE MANDA A LA SALA DE CONTROL |
|            | SEGURIDAD DE PRESIÓN EN EL REACTOR DE OZONO                                  |

El sistema de control queda representado en el *Plano 5. Proceso productivo del proyecto*.

También se muestra representado en dicho plano las válvulas que deberán ir en cada línea de transporte. Para ello también hacemos una aclaración de la simbología.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Tabla 2.2 Simbología de válvulas en las líneas de transporte

| SÍMBOLOGÍA                                                                        |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | Válvula sin retorno  |
|  | Válvula retorno      |
|  | Válvula de compuerta |

*ANEJO 3*

*DISEÑO DEL REACTOR*

*DE OZONIZACIÓN*

## ÍNDICE ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

|                                                                        | <i>Página</i> |
|------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b> _____                                | <b>16</b>     |
| <b>2. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL REACTOR</b> _____        | <b>16</b>     |
| <b>3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONO</b> _____                            | <b>20</b>     |
| 3.1. Cálculo de dimensiones del reactor de ozono _____                 | <b>20</b>     |
| 3.2. Diseño mecánico del reactor de ozonización _____                  | <b>24</b>     |
| 3.3. Diseño de presión interna _____                                   | <b>26</b>     |
| <b>4. GENERADOR DE OZONO</b> _____                                     | <b>29</b>     |
| <b>5. DESTRUCTOR DE OZONO</b> _____                                    | <b>33</b>     |
| <b>6. DISEÑO TANQUE ALMACENAMIENTO EFLUENTE REACTOR DE OZONIZACIÓN</b> | <b>34</b>     |
| <b>7. DISEÑO DE TUBERÍAS</b> _____                                     | <b>36</b>     |
| <b>8. EQUIPOS DE IMPULSIÓN</b> _____                                   | <b>40</b>     |
| 8.1. Descripción de bombas centrífugas _____                           | <b>40</b>     |
| 8.2. Diseño de bombas centrífugas _____                                | <b>42</b>     |
| 8.3. Bomba centrífuga a implantar _____                                | <b>45</b>     |
| <b>❖ Propiedades A 516 Gr 55</b> _____                                 | <b>51</b>     |
| <b>❖ TABLAS PARA EL DISEÑO MECÁNICO</b> _____                          | <b>54</b>     |
| <b>❖ PROPIEDADES AISI 316</b> _____                                    | <b>56</b>     |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

En primer lugar, en este proceso contamos con un tanque de almacenamiento (TK-101) cuyo efluente corresponde al tratamiento secundario de la planta en la que se va a implantar; a continuación dicho efluente atraviesa el reactor de ozono (R-101) y es expulsado, posteriormente, a un tanque de almacenamiento (TK-102), para evitar así paradas en el proceso por fallos surgidos en el reactor de ozono y que el proceso de biofiltración cuente con un efluente continuo.

A continuación se procede al diseño detallado de cada una de las partes de las que va a contar el sistema.

### 2. DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL REACTOR

El objetivo principal de añadir un tanque de almacenamiento es el de proporcionar un efluente continuo al reactor de ozono y evitar así las paradas del mismo.

Con lo que el efluente que sale de la planta llega a un tanque de almacenamiento, el cual se diseñará para una autonomía de cuatro horas, al cual aplicaremos un margen de seguridad del 20% para evitar algún problema que pueda surgir durante el proceso.

Por lo tanto, el volumen del tanque queda definido mediante la siguiente ecuación:

$$V = Q \cdot t$$

Siendo  $V$ , el volumen del tanque de almacenamiento,  $Q$ , el caudal efluente de la planta y  $t$ , el tiempo de autonomía.

$$V = 1,388 \frac{m^3}{\text{minuto}} \cdot 4 \text{ horas} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 333,12 \text{ m}^3$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Más el margen de seguridad igual al 20%, obtenemos un volumen igual a:

$$V = 399,74 \text{ m}^3$$

Elevando al alza obtenemos el volumen final del tanque de almacenamiento igual a 400 m<sup>3</sup>.

Para el cálculo de altura y diámetro del tanque no existe una relación normalizada, pero comúnmente para este tipo de tanques se emplea una relación de altura-diámetro igual a uno, que es la que vamos a aplicar a continuación mediante la ecuación del volumen de un cilindro.

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = \frac{\pi}{4} \cdot D^3$$

Despejando la ecuación obtenemos los valores de altura y diámetro del tanque de almacenamiento, siendo estos valores redondeados al alza. Quedando representados en la siguiente *tabla 3.1*:

*Tabla 3.1: Dimensiones del tanque de almacenamiento TK-101*

| Volumen, V (m <sup>3</sup> ) | Diámetro, D (m) | Altura, H (m) |
|------------------------------|-----------------|---------------|
| 400                          | 8,00            | 8,00          |

Una vez obtenido el diámetro y la altura del tanque, debemos de conocer el material que vamos a emplear para este depósito. Al tratarse de un efluente con poco poder de corrosión se utilizará A 516 Gr 55, para ello es necesario conocer sus propiedades que se recogen al final del presente anejo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Continuamos definiendo el espesor del tanque y para ello nos guiamos según el código ASME, para ello contamos con las siguientes dos ecuaciones, siendo  $td$ , el espesor requerido por las condiciones de diseño, y  $tt$ , el espesor de las prueba hidrostática. Quedando definidas ambas por las ecuaciones que se exponen a continuación:

$$td (cm) = 0,0005 \cdot D(cm) \cdot \frac{[H(cm) - 30,48] \cdot SpGr}{Sd (kg/cm^2)} + CA(mm)$$

$$tt (cm) = 0,0005 \cdot D (cm) \cdot \frac{[H (cm) - 30,48]}{St(kg/cm^2)}$$

Sabiendo que  $CA$ , corresponde con el (Corrosion Allowance) obtenido en el código ASME y cuyo valor es igual a 2 mm. También es necesario conocer las diferentes incógnitas, siendo  $SpGr$ , la densidad relativa, que en este proyecto al tratarse de agua, contaremos con una densidad igual a la unidad,  $1 \text{ g/cm}^3$ . Los valores de esfuerzo permisible por condiciones de diseño ( $Sd$ ) y de presión hidrostática ( $St$ ) son obtenidos de la *tabla 3.1.4* del presente anejo.

Una vez definida la ecuación y sustituyendo los valores correspondientes de obtienen los siguientes valores.

$$td (cm) = 0,418 \text{ cm}$$

$$tt (cm) = 0,195 \text{ cm}$$

Obteniéndose de forma clara, un valor más desfavorable para las condiciones de diseño ( $td$ ) por lo que será este el valor que se tomará para el cálculo del espesor. Este tipo de espesor no existe de forma comercial por lo que hacemos uso del más próximo, como podemos ver en la *tabla 3.1.5* del final del presente anejo. Siendo este valor igual a  $3/16''$  que corresponde a 4,76 mm.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

A continuación definimos el espesor del fondo, una vez obtenido el espesor del cuerpo. Para su cálculo hacemos uso de la prueba hidrostática anteriormente calculada. Obteniendo un valor de espesor de fondo igual a 0,195 cm, como este valor no existe como tal en el mercado, elegimos para el fondo del tanque de dos veces superior, siendo este en función de la *tabla 3.1.5* del final del presente anejo, igual a 6,35 mm, es decir, 1/ 4".

Por último, calculamos el espesor del techo del tanque, teniendo en cuenta que se trata de un techo cónico autosoportado, ya que es el más empleado para este tipo de tanques. La inclinación se mueve entre un máximo de 37° y un mínimo de 9,5°. Pero en este caso en particular, contamos con una inclinación de 20°.

El espesor del techo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{D (cm)}{4800 \cdot \text{sen}\theta} + CA (cm)$$

Sustituyendo en la ecuación obtenemos un valor de  $t$ , igual a 0,377 cm.

Al igual que ocurre anteriormente, este espesor en concreto no es comercializable, por lo que nos ajustamos a lo existencial empleando un espesor superior, para trabajar siempre hacia el lado de la seguridad, el cual corresponde a 3/16", es decir, a 4,76 mm.

Por lo tanto, en la siguiente *tabla 3.2*, se representan los valores de espesores calculados en función de las condiciones comerciales.

*Tabla 3.2: Espesores comerciales del tanque de almacenamiento TK-101*

| <b>Espesor cuerpo (mm)</b> | <b>Espesor fondo (mm)</b> | <b>Espesor techo (mm)</b> |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 4,76                       | 6,35                      | 4,76                      |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

### 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONO

#### 3.1. Cálculo de dimensiones del reactor de ozono

En el sistema de ozonización se emplea un reactor, en el cual se introduce el ozono mediante un inyector tipo Venturi, impulsado por una bomba. En la parte superior del mismo se encuentra el depurador y destructor de ozono por motivos de seguridad y medioambientales. En la parte inferior se encuentra el equipo generador del ozono a partir de oxígeno puro licuado.

El sistema se puede ver a continuación en la *Figura 3.1.* tomada de Kaindl (2010).

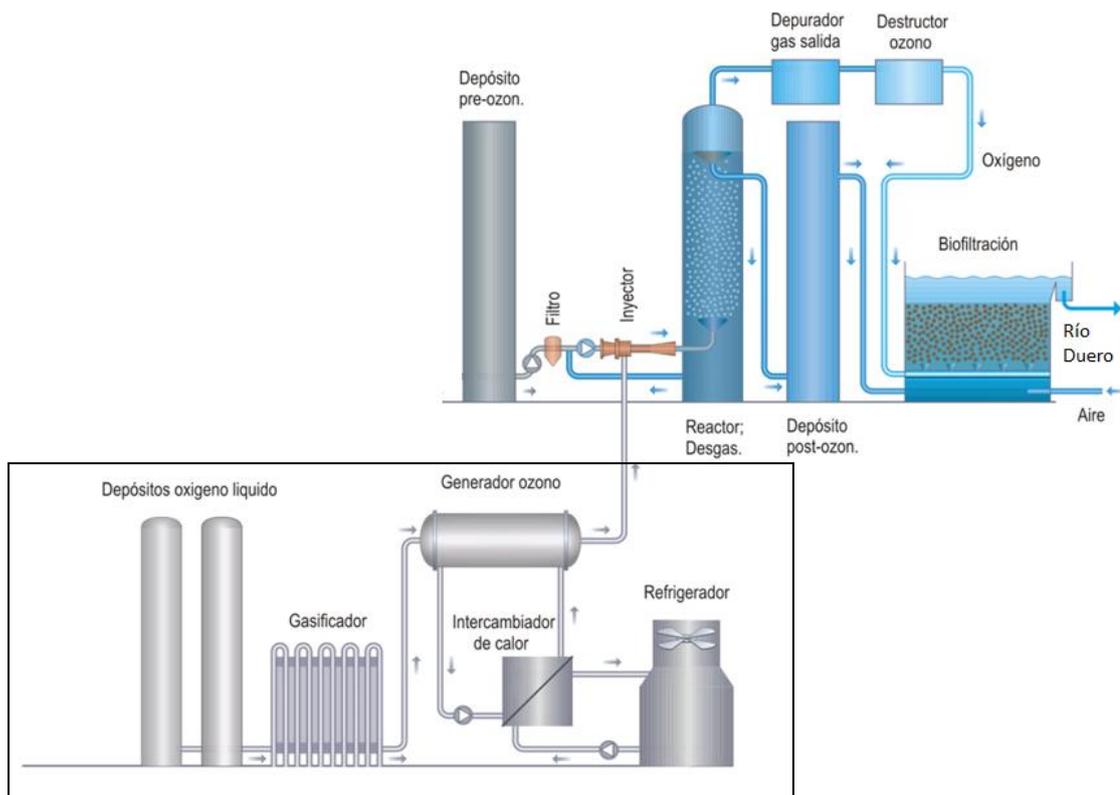


Figura 3.1: Esquema proceso de ozonización.

En este trabajo se va a llevar a cabo el diseño del reactor de ozonización, donde además se instalará el depurador y destructor de ozono para que se pueda llevar a cabo su ejecución cumpliendo con la seguridad medioambiental; También se instalará



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

el generador de ozono, el cual se va a comprar ya diseñado a la fábrica correspondiente.

El reactor de ozonización se corresponde con una columna de burbujeo de contacto gas-líquido. Se trata de un reactor CSTR, el cual consiste en un tanque donde la masa reaccionante es continuamente agitada de tal manera que se considera como una mezcla completa, y por lo tanto, se asume que sus propiedades son uniformes en todo el interior del reactor.

La ecuación de diseño para este reactor de mezcla completa es la siguiente:

$$\frac{V}{F_{AO}} = \frac{X_A}{-r_A}$$

$$V = \frac{F_{AO} \cdot X_A}{-r_A}$$

Siendo  $V$ , el volumen del reactor,  $F_{AO}$ , el flujo molar del reactivo limitante,  $X_A$ , la conversión de A, y  $r_A$ , es la velocidad de reacción de A.

La velocidad de una reacción no catalítica depende de la concentración de reaccionante. Por lo que, respecto al reaccionante A, la ecuación de velocidad de reacción se expresa de la siguiente manera:

$$-r_A = k \cdot C_A^n$$

Siendo  $k$ , la constante específica de velocidad de reacción,  $n$ , el orden cinético de reacción y  $C_A$ , la concentración de reaccionante, siendo este valor igual a la



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

concentración de DQO presente en el agua a tratar en nuestro reactor; y a su vez la constante específica de velocidad ( $K$ ) es obtenida de los datos experimentales en la reacción de ozono con fenoles en aguas residuales con diferente composición. Por lo tanto, queda representado dicho valor como vemos a continuación:

$$-r_A = k \cdot [DQO]$$

Según se ha trabajado con los datos experimentales, se llega a una eliminación de DQO en un tiempo de 60 minutos igual a 126,5 mg/L. Por lo tanto, en un minuto se tratan 2,108 mg/L, lo que viene siendo igual a 2,108 ppm de DQO por minuto.

$$-r_A = 2,108 \cdot 10^3 \text{ mg/m}^3$$

Continuamos definiendo el flujo molar del reactivo,  $F_{AO}$ , el cual queda definido por el caudal a tratar en el reactor por la concentración de DQO, lo cual se representa de la siguiente manera:

$$F_{AO} = Q \cdot [DQO]$$

Siendo  $Q$ , el caudal de agua a tratar, cuyo valor es igual a 2.000 m<sup>3</sup> /día, es decir, 1,388m<sup>3</sup>/minuto. La concentración,  $[DQO]$ , se define a partir de los datos experimentales en la reacción de ozono, por lo que se define este valor igual a 152,2mg/L.

$$F_{AO} = 1,388 \frac{\text{m}^3}{\text{minuto}} \cdot \left[ 152,2 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \cdot \frac{1 \text{ L}}{10^{-3} \text{ m}^3} \right] = 211,25 \cdot 10^3 \frac{\text{mg}}{\text{minuto}}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Por lo tanto, sustituyendo en la ecuación inicial, calculamos el volumen del reactor:

$$V = \frac{F_{AO} \cdot X_A}{-r_A}$$

$$V = \frac{211,25 \cdot 10^3 \text{ mg/minuto} \cdot 0,85}{2,108 \cdot 10^3 \text{ mg/m}^3 \text{ minuto}} = 85,18 \text{ m}^3$$

El diseño del reactor va a constar de un volumen igual a 85,18 m<sup>3</sup>.

Al cual añadiremos un margen de seguridad del 15% puesto que se trabaja con compuesto altamente oxidante, y así poder asegurarnos de la total descomposición del ozono en el interior del reactor. Por lo que obtenemos un volumen igual a 97,96 m<sup>3</sup>.

Según la ecuación del volumen de un cilindro y considerando la relación que existe entre Longitud / Diámetro determinada para este tipo de reactor CSTR, es una relación 3 / 2, de donde se obtienen las dimensiones del reactor, las cuales se representan en la *tabla 3.3* siguiente con una aproximación al alza de los mismos.

*Tabla 3.3: Dimensiones del reactor de ozonización (R-101)*

| Volumen (m <sup>3</sup> ) | Diámetro, D (m) | Altura, H (m) |
|---------------------------|-----------------|---------------|
| 100                       | 5               | 7             |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

### 3.2. Diseño mecánico del reactor de ozonización

La metodología empleada para el diseño mecánico del reactor sigue la norma ASME *Boiler & Pressure Vessel code. Section VIII, div.1.*

Para el diseño del reactor de ozonización se calculará en primer lugar las condiciones de temperatura y presión dentro del mismo.

#### Temperatura de diseño

Para el cálculo de la temperatura tendremos en cuenta la temperatura máxima de operación con un margen para posibles desviaciones. En este caso la temperatura máxima del reactor es de 25°C, siendo el margen a aplicar en estos recipientes de 25°C. Por lo tanto, la temperatura de diseño será de 50°C.

#### Presión de diseño

Para el cálculo de esta, seguiremos el mismo criterio que para el cálculo de la temperatura, por lo tanto, diremos que a la presión máxima ejercida en el interior del reactor más un margen adicional de seguridad igual al 15%.

Para ello aplicaremos la siguiente ecuación, donde además de tener en cuenta la presión del interior del reactor habrá que sumarla la presión hidrostática que se produce en los recipientes verticales que contienen líquidos.

Por lo que la definimos a continuación,

$$P_T = P_0 + \Delta P$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Donde  $P_T$ , es la presión total,  $P_0$ , la definimos como la presión atmosférica (1 atm = 1,01325 bar), más la presión hidrostática ejercida por el líquido,  $\Delta P$ .

Siendo la presión hidrostática igual a:

$$\Delta P = \rho g h$$

Donde  $\rho$ , es la densidad del líquido que se encuentra dentro del reactor,  $g$ , es el coeficiente de gravedad, cuyo valor es igual a 9,81; y  $h$ , es la altura del reactor.

$$\Delta P = 0,1 \frac{g}{m^3} \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 6,84 m = 6,71 atm$$

Sustituyendo en la ecuación principal obtenemos:

$$P_T = 1,013 atm + 6,71 atm = 7,723 atm$$

A cuyo resultado de debemos de añadir el margen de seguridad igual al 15 %, obteniendo así:

$$P_T = 8,88 atm$$

Y pasando las unidades de atmosferas a psi (libra por pulgada cuadrada) obtenemos una presión total igual a:

$$P_T = 128,78 psi$$



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

En la siguiente *tabla 3.4* se muestran las condiciones del diseño mecánico.

*Tabla 3.4: Condiciones de diseño mecánico*

| <b>T<sup>a</sup> diseño</b> | <b>P diseño</b> |
|-----------------------------|-----------------|
| 50°C                        | 130 psi         |

### 3.3. Diseño de presión interna

Mediante el diseño de presión interna se obtendrá el espesor mínimo de la pared de la columna, para ello distinguimos entre el espesor de la carcasa y el de los fondos.

- En primer lugar, hablaremos del diseño mecánico de la carcasa:

El material seleccionado para la construcción del reactor de ozonización va a ser un acero inoxidable debido al poder corrosivo del ozono. En concreto se ha seleccionado un material ASIS 316 que cumple con las características necesarias para nuestro reactor. Por lo tanto, haremos uso de las *tablas 3.1.7* del final del presente anejo.

Además debemos de tener en cuenta el valor de la eficacia de la soldadura, que en este proyecto se ejecutará una soldadura de tipo X, siendo este representado en la ecuación por el valor E siendo igual a 0,85, según se indica en la *tabla 3.1.6* del final del presente anejo.

Una vez tenido en cuenta estos valores procedemos al cumplimiento de los requisitos según el código ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) que vemos a continuación. [6]

El código ASME, se define según la siguiente fórmula donde se calculará el espesor del acero a emplear:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} \quad P < 0,385 \cdot E \cdot S$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Donde  $P$  es la presión máxima de operación calculada en el apartado anterior,  $S$  es el máximo esfuerzo admisible del material, para su selección hace falta conocer la temperatura de diseño calculada anteriormente.

Con el material seleccionado y la temperatura de diseño se obtiene un valor del esfuerzo máximo admisible ( $S$ ) igual a 74.000 psi. Según la *tabla 3.1.7* del final del presente anejo.

Una vez obtenido estos valores se procede a la comprobación de la siguiente ecuación, para aprobar si son válidas para su posterior aplicación en la fórmula.

$$P < 0,385 \cdot E \cdot S$$

Donde sustituyendo los valores, obtenemos la ecuación resultante:

$$130 \text{ psi} < 0,385 \cdot 0,85 \cdot 74000$$

Podemos observar que se cumple la condición impuesta para validar el empleo de la ecuación del espesor.

Volviendo a la ecuación, debemos de definir la incógnita,  $R$ , la cual corresponde con el radio interno corroed que se calcula mediante el valor del diámetro del reactor calculado en el aparato de diseño del reactor añadiéndole el sobreespesor de corrosión igual a 3 mm. Por lo tanto el radio interno corroed será,  $R = 2500$  mm, al cual le añadimos el sobreespesor por lo que obtenemos un valor de  $R$  igual a 2503mm.

Sustituyendo los valores en la ecuación, obtenemos el espesor de la carcasa,  $t$ , siendo representado a continuación:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,6 \cdot P} = \frac{130 \cdot 2503}{(74000 \cdot 0,85) - (0,6 \cdot 130)} = 5,18 \text{ mm}$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Al espesor obtenido hay que añadirle un factor de sobreespesor por corrosión, siendo este factor igual a 3 mm. Por lo tanto, el espesor necesario de la carcasa del reactor de ozonización tiene un valor de 8,18 mm. Como este espesor, en concreto, no existe de forma comercial, nos aproximaremos al valor próximo superior, siendo en este caso, el espesor comercial 3/8", es decir, 9,53 mm. Según la *tabla 3.1.5*, de espesores comerciales del final del presente anejo.

- En segundo lugar hablamos del diseño mecánico de los fondos:

Para su cálculo empleamos la ecuación basada en fondos semielípticos, que serán los que se llevarán a cabo en su ejecución.

Para definir la ecuación, al igual que en el apartado anterior, nos basamos en el código ASME, siendo igual a:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,1 \cdot P}$$

Donde los valores que nos encontramos en la ecuación hacen referencia a los definidos anteriormente, es decir,  $P$ , la presión de diseño,  $S$ , el máximo esfuerzo admisible del material, AISI 316, y  $R$ , el radio interno más el sobreespesor de 3mm. Pero a diferencia del caso anterior, en este se aplicará un grado de examen radiográfico del 100% para una soldadura del tipo X, obteniendo un valor de  $E$  igual a la unidad, 1,00.

Una vez definidos los datos de la ecuación, obtenemos el valor del espesor,  $t$ , siendo representado a continuación:

$$t = \frac{P \cdot R}{S \cdot E - 0,1 \cdot P} = \frac{130 \cdot 2503}{(74000 \cdot 1) - (0,1 \cdot 130)} = 4,40 \text{ mm}$$

Al igual que en el caso anterior, al valor de espesor hay que añadirle un factor de sobreespesor por corrosión, cuyo valor es igual a 3 mm, obteniendo así un valor final



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN de espesado igual a 7,40 mm. Como hemos indicado anteriormente, este valor no existe como tal de forma comercial, por lo que elegimos el próximo valor superior, siendo este igual a 5/16", es decir, a 7,94 mm.

Presentamos a continuación como tabla resumen, la *tabla 3.5*, la cual se expone a continuación donde se encuentran recogidos los valores obtenidos en el diseño mecánico por presión interna.

*Tabla 3.5: Valores de espesores del reactor por diseño de presión interna.*

|                | <b>Espesor calculado<br/>(mm)</b> | <b>Espesor más<br/>sobreespesor (mm)</b> | <b>Espesor comercial<br/>(mm)</b> |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Carcasa</b> | 5,18                              | 8,18                                     | 9,53                              |
| <b>Fondos</b>  | 4,40                              | 7,40                                     | 7,94                              |

## 4. GENERADOR DE OZONO

Para llevar a cabo este proyecto, debemos de contar con un generador de ozono, el cual como bien hemos indicado anteriormente no va a ser diseñado, sino que se adquiere de una empresa encargada en su fabricación. En concreto, se trata de WEDECO, una empresa líder mundial, caracterizada por la implantación de más de 250.000 sistemas en el ámbito de tratamiento de aguas residuales, incluyendo los sistemas ultravioletas (UV) de desinfección y oxidación de ozono fiable y libre de químicos. La marca WEDECO está registrada por los fabricantes de Xylem Technologies, empresa internacional de software con la oficina central en Viena, Austria. Además fue recientemente galardonado por el premio 2014 al fabricante de equipos para la reutilización de agua del año, otorgado por la WaterReuse Association.

Por tanto, hago la elección de esta empresa para la adquisición de nuestro generador de ozono, revisando y analizando la gama de productos que nos ofrecen, nos decantamos por el Sistema de ozono "Plug and play" unidad OCS (Sistemas Complejos de Ozono).



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

El sistema de ozono WEDECO SMOevo de Xilema combina la máxima flexibilidad y características de funcionamiento fiable para pequeñas y medianas capacidades de ozono. El sistema generador de ozono y unidad de control pueden combinarse y complementarse con conjuntos de opciones que permiten diferentes requisitos de aplicación.

La serie SMOevo cuenta con dos unidades, siendo una de ellas el generador de ozono y la otra, la fuente de alimentación SMOevo, que se montan por separado en un patín de acero, lo que reduce considerablemente la huella de la instalación *in situ*. De hecho, la huella se reduce hasta un 20% como resultado de la disposición óptima del recipiente generador, tuberías y armarios eléctricos. La fuente de alimentación está equipada con tecnología de última generación semiconductores (IGBT) para mejorar el control del sistema. Cuenta con un sistema de aire acondicionado el cual elimina la pérdida de potencia térmica de los componentes eléctricos tanto garantizar la clase de protección IP 54 y que permite un funcionamiento en condiciones ambientales con altas temperaturas, hasta 35°C, y humedad alta, hasta 90% y dura o entorno polvoriento. [7]

Los sistemas SMO están equipados con un monitor de detección de ozono en el aire, cumpliendo con CE, UL Certified y es pre-probado antes de ser enviado al cliente. Todos los componentes están montados sobre un marco de acero inoxidable y están listos para la conexión al proceso.

El generador de ozono cuenta con un gas de alimentación eléctrica a través del generador de oxígeno, sistema de introducción con la bomba y el inyector, monitor de aire ambiente, controles eléctricos con intercambio de señales, marco de acero inoxidable con tubería interna y cableado.

También indicamos a continuación las características propias de este generador:

- Consta con un patín de diseño compacto.
- Bajos rendimientos de instalación y mantenimiento.
- Baja inversión y costos de operación.
- Generación de ozono de alta concentración.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

- Diseñada para un uso ininterrumpido.

Nos encontramos con distintas categorías dentro de este modelo de generadores de ozono SMO, cuales se diferencian en distintas propiedades dentro de las cuales podemos destacar la producción de ozono, para ello tenemos que tener en cuenta las necesidades de ozono obtenidas de los datos experimentales que son: 0,89 kg/h. La dosis de ozono diaria necesaria será igual a 21,36 kg/día.

Por lo tanto, las especificaciones técnicas del sistema de generación de ozono que vamos a implantar en este proyecto, en concreto el modelo SMOevo 910, es el que se aproxima más a nuestras necesidades. En la siguiente tabla 3.6, quedan recogidas las especificaciones de este modelo en concreto.

Tabla 3.6: Especificaciones Técnicas del Generador de Ozono WEDECO SMO [7]

| <b>NORMAS ELÉCTRICAS</b>                          | <b>SISTEMA SMOevo 910</b>                     |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Requisitos eléctricos de ozono                    | 3x400 /N /PE ± 10% 50/60 Hz (TN-C o TN-S-NET) |
| Factor de potencia                                | 0,98                                          |
| Potencia instalada (kW)                           | 170,9                                         |
| Normas eléctricas de ozono                        | EN, IEC, ISO, SN                              |
| <b>INFORMACIÓN GENERAL</b>                        |                                               |
| Demanda de agua de refrigeración                  | x m <sup>3</sup> /h ; (Xx gpm)                |
| Temperatura de entrada de agua de refrigeración   | 5-35 °C; 41-95 °F                             |
| El punto de rocío (gas de alimentación)           | <-70°C; <-94°F                                |
| Dimensiones L x A x A (mm)                        | 5,22 m x 1,50 m x 2,3m                        |
| Gas de alimentación                               | Incluido. AIRE , LOX, PSA                     |
| Presión de entrada de gas de alimentación         | 3-6 barg (g)                                  |
| Rango de concentración de ozono                   | 2-6 % en peso (AIR) 6-15 wt % (oxígeno)       |
| Producción de ozono nominal (g O <sub>3</sub> /h) | 16,9 ; 894                                    |
| Peso (envío / operativo)                          | 5500 kg / 5900                                |
| <b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>                 |                                               |



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

**ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN**

|                                          |                                                                              |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Recinto                                  | De acero inoxidable con recubrimiento en polvo                               |
| En contacto con el ozono                 | SS316 SS304                                                                  |
| En contacto con el agua                  | SS 316                                                                       |
| Pintura                                  | RAL 7035                                                                     |
| <b>OPCIONES</b>                          |                                                                              |
| Preparación del aire                     | Disponible                                                                   |
| Sistemas de refrigeración                | Refrigeración de ciclo abierto, circuito cerrado de refrigeración<br>Chiller |
| Demister                                 | Disponible                                                                   |
| Sistema de distribución de gas           | Automático, manual                                                           |
| Medición                                 | El ozono en el agua, Redox                                                   |
| Generador de oxígeno                     | Disponible                                                                   |
| Contacto con el ozono                    | Difusores, bomba-inyección (venturi)                                         |
| Destructor de ozono                      | Catalítica, térmica                                                          |
| Opciones de PLC                          | Siemens, Allen, Bradley, Schneider                                           |
| Tanque de reacción                       | Disponible                                                                   |
| Comunicación Scada                       | Disponible                                                                   |
| <b>NORMAS Y CONTROL REMOTO Y ALARMAS</b> |                                                                              |
| Sistema de bus                           | Profibus, Modbus, Ethernet                                                   |
| Salidas comunes y alarmas                | Estado del sistema, mensajes de alarma, los valores del proceso              |
| HMI                                      | SIMATIC HMI Confort Paneles                                                  |
| PCL                                      | Siemens                                                                      |
| <b>COMPONENTES DEL SISTEMA</b>           |                                                                              |
| Control del sistema                      | Siemens; Allen, Bradly                                                       |
| <b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>          |                                                                              |
| Temperatura ambiente (min, max)          | 5-35 °C ; 41 a 95 °F                                                         |
| Conformidad                              | CE, UL                                                                       |
| Humedad                                  | <90%                                                                         |
| Nivel de ruido                           | 84                                                                           |
| Ubicación de la instalación de ozono     | Dentro                                                                       |
| Control de sistema                       | Siemens; Allen, Bradlye                                                      |
| Rango de regulación del sistema          | 6 a 100%                                                                     |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

En la siguiente figura se muestra de forma visual el generador de ozono SMOEVO adquirido para nuestro proyecto.



Figura 3.2: Generador de ozono WEDECO [7]

Además del generador expuesto, también adquirimos de dicha empresa la bombona de Oxígeno necesaria para alimentar al generador, ésta se proporciona junto con el generador. Cabe destacar las dimensiones de la misma en la siguiente tabla.

Tabla 3.7: Dimensiones de la bombona de oxígeno

| EQUIPO             | DIÁMTERO (m) | ALTURA (m) |
|--------------------|--------------|------------|
| BOMBONA DE OXÍGENO | 3,0          | 5,0        |

## 5. DESTRUCTOR DE OZONO

Como bien hemos indicado anteriormente, el ozono es un gas tóxico. Por lo que hay que tratar aquel porcentaje de gas que queda sin reaccionar en el reactor, puesto que este gas necesita ser destruido antes de exponerse al medio ambiente por motivos de



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

seguridad, por lo que hay un límite establecido de 0,1 ppm del gas liberado en el reactor.

Existen diferentes métodos de destrucción del ozono, como pueden ser, por descomposición térmica, descomposición catalítica, o una combinación de ambas, llamándose descomposición térmica/catalítica.

En este proyecto vamos a contar con un destructor de ozono mediante descomposición térmica del ozono debido a que la conversión en el reactor es elevada. La función principal consiste en someter a la corriente del gas de salida a una temperatura elevada, entre 250 – 350°C durante un periodo de tiempo corto, 1 a 3 segundos, obteniendo en los procesos experimentales una destrucción de 50 al 100 %. A medida que aumentamos la temperatura nos garantizamos un mayor porcentaje de destrucción.

Este equipo es también adquirido de la empresa WEDECO, y el área a ocupar por el mismo es de 1m<sup>2</sup>.

## **6. DISEÑO TANQUE ALMACENAMIENTO EFLUENTE REACTOR DE OZONIZACIÓN**

Tras la ozonización se obtiene un efluente que pasará a un tanque de almacenamiento, cuyas dimensiones y diseño son calculadas en este punto.

Como se trata de un proceso de funcionamiento continuo, debemos de contar con un tanque de almacenamiento. Para ello tendremos en cuenta el tiempo de residencia con el que cuenta el reactor, siendo en este caso igual a tres horas, donde tenemos en cuenta las tareas de carga-descarga, y los periodos de limpieza del mismo. Por lo que se va a diseñar un tanque de almacenamiento con una autonomía de entorno a 12 horas para garantizar así la continuidad del proceso.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

A la hora de calcular las dimensiones, nos basamos en el mismo método realizado en el apartado anterior, 2. “Diseño del tanque de almacenamiento del efluente del reactor”. Y, además, como el afluente va a contar con un bajo contenido en compuestos tóxicos, ozono  $O_3$ , ya que se encuentra anteriormente el dispositivo de destrucción de ozono, el material que vamos a emplear para este tanque va a ser el mismo que el empleado anteriormente, es decir, el acero A 516 Gr 55.

Por lo tanto, los resultados son los que se expresan a continuación.

$$V = Q \cdot t$$

Siendo  $V$ , el volumen del tanque de almacenamiento,  $Q$ , el caudal efluente de la planta y  $t$ , el tiempo de autonomía.

$$V = 2000 \frac{m^3}{día} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} \cdot 12 \text{ horas} = 1.000 m^3$$

Además, debemos de añadir un margen de seguridad, igual al 20%. Por lo tanto, en la siguiente *tabla 3.7* se recoge el resumen donde se indica las dimensiones aproximadas al alza que obtenemos para el tanque efluente del reactor.

*Tabla 3.8: Dimensiones tanque almacenamiento efluente reactor de ozonización*

| Volumen, $V$ ( $m^3$ ) | Diámetro, $D$ (m) | Altura, $H$ (m) |
|------------------------|-------------------|-----------------|
| 1200                   | 12                | 12              |

Los valores de espesor del tanque se muestran a continuación en la *tabla 3.8*, donde quedan resumidos. Ya que al igual que en el caso anterior, estos resultados proceden de las formulas empleadas en el apartado anterior, 2. “Diseño del tanque de almacenamiento del efluente del reactor”. De tal forma obtenemos los siguientes valores:



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

- Espesor del cuerpo igual a 0,697 cm
- Espesor de fondo igual a 0,444 cm.
- Espesor del techo igual a 0,466 cm.

Como bien sabemos, estos datos no existen como tal de forma comercial, por lo que nos aproximamos a los existentes, siempre y cuando aproximándonos al nivel superior para trabajar en el lado de la seguridad.

De tal forma obtenemos los siguientes valores de espesores para el tanque de almacenamiento efluente del reactor de ozono.

Tabla 3.9: Espesores comerciales del tanque de almacenamiento

| Espesor cuerpo (mm) | Espesor fondo (mm) | Espesor techo (mm) |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| 7,94                | 6,35               | 4,76               |

## 7. DISEÑO DE TUBERÍAS

Una vez tenemos las tuberías identificadas procedemos al cálculo del diámetro de las mismas mediante la siguiente ecuación, obtenida del Código ASME.[8]

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{Q}{v}}$$

Donde  $Q$ , es el caudal que circula por la tubería en  $m^3/s$ , y  $v$ , es la velocidad de circulación del fluido, el cual está entre valores de 1 y 3 m/s para los líquidos, y entre valores de 15 y 30 m/s para los gases. Para el cálculo del diámetro haremos uso de los valores medios, es decir, los líquidos tendrán una velocidad de circulación igual a 2 m/s y los gases con una velocidad igual a 20 m/s, en este proyecto contamos con una serie de tuberías por las que circula el ozono [9].



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Teniendo en cuenta que el generador de ozono proporciona un aporte de dosis diaria igual a 21,36 kg O<sub>3</sub>/día, y el caudal de refrigeración es de 0,32 m<sup>3</sup>/h, dato aportado por la ficha técnica de Wedeco. Obtenemos los siguientes resultados de la *tabla 3.9*. Además obtenemos el cálculo del diámetro interno de la tubería mediante la aplicación de la ecuación anteriormente definida.

*Tabla 3.10: Diámetro interno de las tuberías*

| Estado de circulación | Q (m <sup>3</sup> /s)   | D (m)                   |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Líquido               | 2,3 x 10 <sup>-2</sup>  | 12,1 x 10 <sup>-2</sup> |
| Gas (O <sub>3</sub> ) | 8,88 x 10 <sup>-5</sup> | 2,4 x 10 <sup>-3</sup>  |

Calculado el diámetro interno procedemos al dimensionado del espesor de la tubería, para ello nos basamos en el código ASME B.31.3 -2010, donde se recogen los requisitos mínimos para tuberías, los materiales de empleo, el diseño, la fabricación, las inspecciones, pruebas, etc.

Se calcula el espesor de diseño por presión interna para el tubo recto cuando se cumple las siguientes ecuaciones:

$$t \geq \frac{D}{6} \quad \text{ó} \quad \frac{P}{S \cdot E} > 0,385$$

De aquí obtenemos la siguiente ecuación para el espesor del tubo recto a presión interna:

$$t = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot [S \cdot E \cdot W - P(1 - Y)]}$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Donde  $D_i$ , es el diámetro interno de la tubería una vez añadido el sobrespesor por corrosión ( cuyo valor es igual a  $1/8''$ , es decir, 3,2mm para aceros en planta de procesos moderadamente corrosivos, este valor es añadido por motivos de seguridad).  $P$ , es la presión de diseño en  $\text{kg/cm}^2$ .  $S$ , es el máximo esfuerzo admisible del material, que es igual a 74.000 psi ya que hacemos uso de un acero AISI 316 para las tuberías,  $E$ , es la eficiencia de la soldadura, siendo para este caso es igual a la unidad, puesto que las tuberías se encuentran sin soldar, según la tabla 3.1.6 del final del presente anejo.  $W$ , es un factor de soldadura, que será igual a la unidad ya que trabajamos con temperaturas inferiores a  $510^\circ\text{C}$ .  $Y$ , es el coeficiente de corrección, que toma valores igual a 0,4 para aceros de temperaturas inferiores a  $482^\circ\text{C}$ .

En la siguiente *tabla 3.10*, se recoge el resumen del diseño de las tuberías que forman parte del proceso, donde se especifica el número de tubería, la descripción, el caudal, el espesor, el espesor comercial y el diámetro total de la tubería.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Tabla 3.11: Diseño y dimensión de tuberías

| TUBERÍA | DESCRIPCIÓN               | Caudal<br>Q (m <sup>3</sup> /s) | Diámetro<br>interno<br>(m) | Espesor<br>t<br>(mm) | Espesor más<br>sobreespesor de<br>3,2mm<br>(mm) | Espesor<br>comercial<br>(mm) | Diámetro total<br>de la tubería<br>(mm) |
|---------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|
| 1       | Tubería de TK-101 a P-101 | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 2       | Tubería de P-101 a R-101  | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 3       | Tubería de R-101 a P-102  | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 4       | Tubería de P-102 a TK-102 | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 5       | Tubería de TK-102 a P-103 | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 6       | Tubería de P-103 a BF-101 | $23,15 \cdot 10^{-3}$           | 0,121                      | 1,58                 | 4,78                                            | 6,35                         | 130,55                                  |
| 7       | Tubería de G-101 a R-101  | $8,88 \cdot 10^{-5}$            | $2,4 \cdot 10^{-3}$        | 0,07                 | 3,27                                            | 4,76                         | 10,36                                   |
| 8       | Tubería de R-101 a DO-101 | $8,88 \cdot 10^{-5}$            | $2,4 \cdot 10^{-3}$        | 0,07                 | 3,27                                            | 4,76                         | 10,36                                   |
| 9       | Tubería de DO-101 a Atm.  | $8,88 \cdot 10^{-5}$            | $2,4 \cdot 10^{-3}$        | 0,07                 | 3,27                                            | 4,76                         | 10,36                                   |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

## 8. EQUIPOS DE IMPULSIÓN

En este tipo de instalaciones las bombas más empleadas son las bombas de tipo centrífugas, ya que presentan grandes ventajas, como son el bajo coste, su fácil construcción y aptas para caudales con descarga uniformes.

### 8.1. Descripción de bombas centrífugas

Las bombas centrífugas, también conocidas como bombas rotodinámicas, son actualmente las máquinas más empleadas para bombear líquidos. Estas bombas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incomprensible.

La bomba centrífuga cuenta con una tubería de aspiración, un rodete y una tubería de impulsión, que se encuentran definida cada una de las partes a continuación [10].

- a) Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración.
- b) El impulsor o rodete, formado por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los álabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje. La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión.

La carcasa, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de álabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

c) Una tubería de impulsión. La finalidad del difusor es la de recoger el líquido a gran velocidad, cambiar la dirección de su movimiento y encaminarle hacia la brida de impulsión de la bomba. El impulsor, también llamado genéricamente voluta es también un transformador de energía, ya que disminuye la velocidad (transforma parte de la energía dinámica creada en el rodete en energía de presión), aumentando la presión del líquido a medida que el espacio entre el rodete y la carcasa aumenta.

A continuación se representa una figura de las diferentes partes de las que consta la bomba centrífuga.[10]

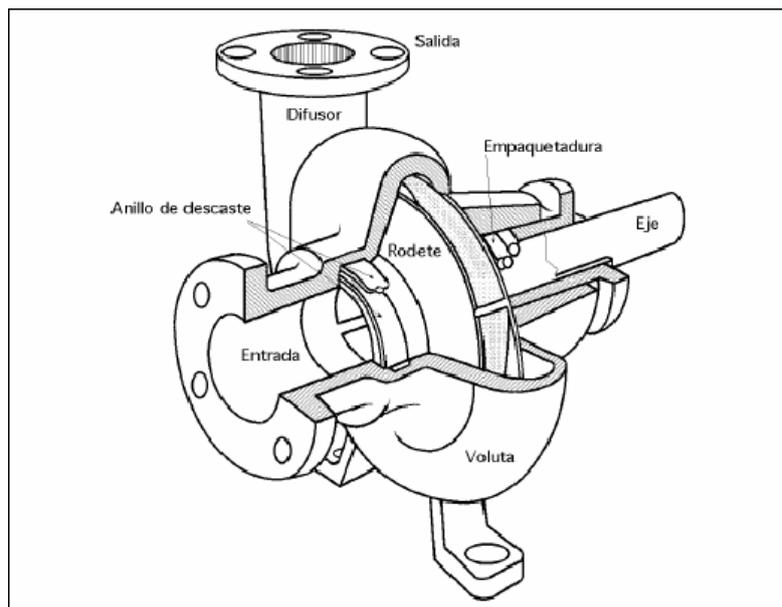


Figura 3.3: Partes de una bomba centrífuga



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

### 8.2. Diseño de bombas centrífugas

En este trabajo realizamos el diseño de las bombas mediante la aplicación del teorema de Bernoulli para el cálculo del trabajo ( $W$ ) realizado por las bombas entre sus extremos, a continuación se muestra la ecuación del teorema de Bernoulli.

$$W = \left( \frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} \right) + g \cdot (z_2 - z_1) + \left( \frac{p_2 - p_1}{\rho} \right) + \Sigma f$$

Donde  $\alpha_1$ , es el coeficiente de energía cinética, representa el cociente entre la energía cinética de un flujo real que atraviesa una sección transversal y la energía cinética del mismo flujo con un perfil de velocidades uniformes, para flujos uniformes adquiere el valor igual de 1.  $v$  es la velocidad del fluido, el valor es el mismo en la entrada que en la salida, por lo tanto el primer término de la ecuación será igual a 0. Lo mismo ocurre con el segundo término ya que la altura de entrada y la de salida es igual,  $z_1 = z_2$ .  $P$ , es la presión relativa a la entrada y a la salida de la bomba.  $\rho$ , es la densidad del fluido, en este caso en particular al tratarse de agua, la densidad será igual a  $1000 \text{ kg/m}^3$ .  $F$ , son las pérdidas debidas a las fuerzas de rozamiento, que se calculan mediante la siguiente ecuación de Fanning.

$$\Sigma f = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D}$$

Donde  $v$ , es la velocidad del fluido;  $L$ , la longitud de la tubería;  $D$ , el diámetro de la misma y  $f$ , el factor de rozamiento que se puede obtener de dos maneras, mediante el gráfico de Moody que representa el valor del factor de rozamiento en función del número de Reynolds ( $Re$ ) para diferentes valores de rugosidad relativa ( $\varepsilon/D$ ), o con la



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

ecuación de Chen, donde  $f = f(Re, \varepsilon/D)$ . La ecuación de Chen es más rigurosa y precisa, por lo tanto es la que emplearemos en este caso.

Despejando el factor de rozamiento la ecuación de Chen queda definida de la siguiente forma:

$$f = 1,325 \cdot \left[ \ln \left( \frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

Donde  $D$ , es el diámetro de la tubería,  $Re$ , es el número de Reynolds, el cual más adelante definimos y  $\varepsilon$ , es valor en mm en función del material empleado, el dato es consultado en obteniéndose como valor igual a 0,002 por tratarse de un tubo de acero (dato bibliográfico, consultar tabla 3.1.9).

El número de Reynolds ( $Re$ ) depende de unas características propias del fluido, quedando definida de la siguiente manera:

$$Re = \frac{\rho \cdot D \cdot v}{\mu}$$

Siendo función de la densidad del fluido ( $\rho$ ) cuyo valor es igual a 1.000 kg/m<sup>3</sup>, del diámetro de la tubería ( $D$ ) cuyo valor es igual 130,55 mm, de la velocidad de circulación ( $v$ ) que es igual a 2 m/s y de la viscosidad ( $\mu$ ) del agua a 25°C es igual a 10<sup>-3</sup> kg/m·s (dato bibliográfico [11]).

Teniendo en cuenta estos valores, sustituimos y resolvemos la ecuación, obteniendo el resultado del número de Reynolds igual a 261.100, siendo este valor mayor a 4.000 lo que indica que se produce un flujo turbulento dentro de la tubería. Una vez definido, volvemos a la ecuación anterior para obtener el factor de rozamiento según la ecuación de Chen, tras el cual obtenemos un valor igual a 0,046.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Por lo tanto, una vez obtenido estos resultados, calculamos las pérdidas de carga debidas a las fuerzas de rozamiento para una longitud de tubería igual a 20 m y una longitud equivalente de 15 m por válvulas, codos, uniones y acoplamientos.

Obteniendo así:

$$\Sigma f = 56,36 \text{ J/kg}$$

Resolviendo la ecuación de Bernoulli, obtenemos el trabajo ( $W$ ) para la bomba de impulsión, teniendo en cuenta que el incremento de presión es igual a 1 atm, es decir,  $1 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$  quedando definida a continuación.

$$W = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3}{1000 \text{ Kg/m}^3} + 56,36 \text{ J/Kg} = 156,39 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

Tras obtener el trabajo de las bombas continuamos definiendo la potencia ( $P$ ) de las mismas mediante la siguiente ecuación.

$$P = W \cdot Q \cdot \frac{1}{\eta_b \cdot \eta_m}$$

Donde  $W$ , es el trabajo calculado anteriormente con la ecuación de Bernoulli,  $Q$  es el caudal que circula por la bomba,  $\eta_b$  es el rendimiento de la bomba y  $\eta_m$  es el rendimiento del motor, siendo estos valores igual a 70% y 80% respectivamente. El caudal se define en función de la densidad del fluido a transportar, lo que conlleva multiplicar el caudal de circulación, cuyo valor es igual a  $83,33 \text{ m}^3/\text{h}$ , por la densidad del fluido, es decir,  $1.000 \text{ kg/m}^3$ . Obteniendo así un valor igual a  $83.333 \text{ kg/h}$ .



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Por lo que obtenemos el siguiente resultado.

$$P = 156,36 \frac{J}{kg} \cdot 83333 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1}{0,7 \cdot 0,8}$$

$$P = 6,4 \text{ KW}$$

Además debemos de tener en cuenta la carga comunicada contando con un incremento de presión igual que anteriormente a 1 atm, la cual se calcula de la siguiente forma.

$$\frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} = \frac{10^5}{1000 \cdot 9,8} = 10,2 \text{ m}$$

Por último, se recogen en la siguiente *tabla 3.11* los datos calculados para las bombas necesarias, siendo iguales todas las bombas para la instalación del sistema.

*Tabla 3.12: Bombas de la instalación*

| BOMBA | DESCRIPCIÓN | Q (m <sup>3</sup> /s)  | P (Kw) |
|-------|-------------|------------------------|--------|
| X     | P-10X A/B   | 2,3 · 10 <sup>-3</sup> | 6,4    |

### 8.3. Bomba centrífuga a implantar

A la hora de elegir las bombas centrífugas a implantar en este proyecto nos basamos en la potencia estudiada en el punto anterior 3.7.2. Diseño de bombas centrífugas. Una vez calculada estudiamos el mercado, eligiendo para este proyecto la empresa EBARA ESPAÑA BOMBAS, S.A., la cual se trata de una empresa española de bombas



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

centrífugas, Grupos de presurización de agua y sistemas contra incendios, perteneciente a la corporación Industrial Japonesa EBARA Co., líder mundial en la fabricación de maquinaria y sistemas para la manipulación de fluidos.

Actualmente, Ebara España Bombas, continúa con la configuración adoptada en el año 1991, tras la fusión por absorción de cuatro compañías nacionales. Tiene ubicación en el Polígono Industrial La estación, en Pinto (Madrid) que ha de ser también un punto a tener en cuenta ya que así los costes de transporte serán menores por su proximidad a la localidad de Almazán (Soria).

Tras hacer un estudio del catálogo de productos y precios de los mismos, nos decantamos por su elección puesto que cuenta con características muy competitivas, a la hora de seleccionar la bomba se ha tenido en cuenta las posibles pérdidas de carga que se pueden originar en las tuberías, por lo tanto, se ha seleccionado una de mayor presión a la requerida según los cálculos para subsanar esta pérdida ocasionada.

En concreto para este proyecto, contamos con la implantación de bombas centrífugas horizontales de SERIE 3 (3M) la cual se define de forma específica a continuación [12].

#### - DESCRIPCIÓN

Las bombas centrífugas normalizadas construidas en Acero Inoxidable AISI 304 (Seria 3) y Acero Inoxidable AISI 316L (Serie 3L), particularmente adecuadas para el abastecimiento de agua doméstico, agrícola e industrial, grupos de presión, y contra incendios, calefacción y aire acondicionado, lavado a presión, tratamiento de agua, torres de refrigeración e intercambio de calor. Incorporadas a diferentes tipos de maquinaria industrial.

#### - PRESTACIONES

Cuenta con las siguientes prestaciones que son necesarias para la elección de la bomba:



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

- Presión máxima de 10 bar.
- Temperatura máxima del líquido vehiculado:  $-20^{\circ}\text{C}$   $+120^{\circ}\text{C}$ . En nuestro proyecto en particular esta prestación no es limitante, puesto que el fluido a transportar se encuentra entorno a  $25^{\circ}\text{C}$ .

### - MATERIALES

La bomba está constituida por una serie de materiales en función de las partes de la misma.

- Cuerpo de bomba, impulsor, base portacierre y eje:
  - Serie 3: AISI 304
  - Serie 3L: AISI 316L
  - Modelos 65-250 y Serie 80: AISI 316L
- Modelo 65 impulsor en AISI 316 (opcional bronce)
- Cierre mecánico: carbón/cerámica/NBR
- Cierre mecánico versión H: Carbón/cerámica/FPM
- Cierre mecánico versión HS: SiC/SiC/FPM

### - DATOS TÉCNICOS

Los datos técnicos que describen a las bombas centrífugas horizontales de serie 3, son las siguientes:

- Motor asíncrono, 2 y 4 polos
- Aislante clase F
- Protección IP55
- Trifásica  $230/400\text{ V} \pm 10\%$  50 Hz hasta 4 Kw inclusive  
 $400/690\text{ V} \pm 10\%$  50 Hz para potencias superiores
- Disponible en 4 versiones con motores de 2 y 4 polos



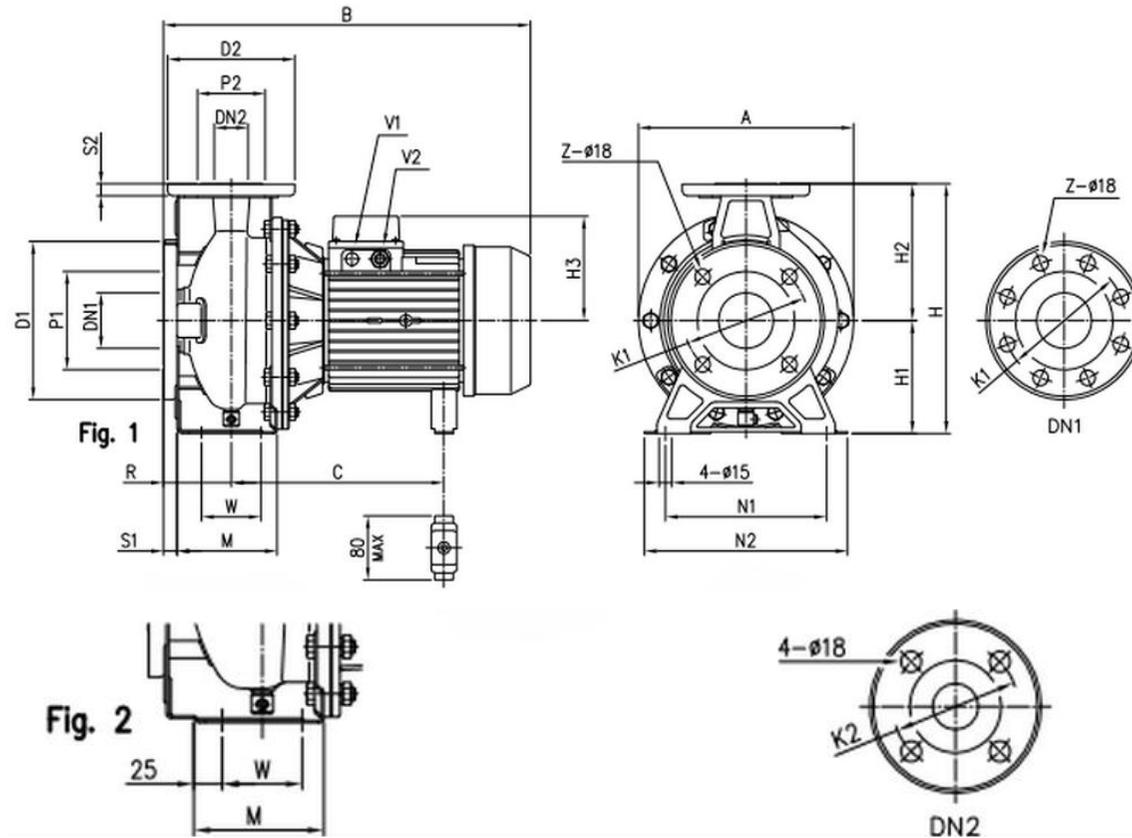
# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Estas bombas cuentan con un gran catálogo de productos en función de la potencia necesaria, teniendo en cuenta que la potencia calculada anteriormente para nuestro proyecto es de 6,4 KW y dicha medida no existe como tal de forma comercial, nos decantamos por la elección de una bomba con la potencia máxima superior, siendo esta la potencia encontrada igual a 7,5KW por lo que se corresponde con la bomba 65-125/7.5. Teniendo en cuenta que se trabaja a 2.900 r.p.m, según se muestra en la *tabla 3.12*.

*Tabla 3.13: Propiedades bomba 3M 65-125/7.5*

| PROPIEDADES |                   |
|-------------|-------------------|
| POTENCIA    | 7,5 KW            |
|             | 10 CV             |
| FRECUENCIA  | 50 Hz             |
| VOLTAJE     | 400/690 $\pm$ 10% |
| Tª min      | -10°C             |
| Tª máx      | +90°C             |
| Presión máx | 10 Mpa (10 bar)   |
| DIMENSIONES | 10,5 x 21         |



| Model      | Dimensions (mm) |     |     |     |    |     |     |     |     |     |     |    |      |     |     |     |      |      |     |    |     |     |     |     |      |      | Weight (kg) |      |     |         |       |    |      |      |      |
|------------|-----------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|------|-----|-----|-----|------|------|-----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|-------------|------|-----|---------|-------|----|------|------|------|
|            | DN1             | P1  | K1  | D1  | S1 | [1] | [2] | DN2 | P2  | K2  | D2  | S2 | Fig. | H   | H1  | H2  | [3~] | [1~] | R   | W  | M   | N1  | N2  | A   | [1~] | [3~] | [3~]        | [1~] | C   | [3~]    | V1    | V2 | [1~] | [3~] | [3~] |
| 65-125/7,5 | 80              | 134 | 160 | 200 | 18 | 8   | 4   | 65  | 115 | 145 | 185 | 16 | 2    | 340 | 160 | 180 | 150  | *    | 100 | 95 | 140 | 212 | 280 | 254 | *    | 539  | 559         | *    | 275 | PG 13.5 | PG 16 | *  | *    | 48   | 52   |

Figura y tabla 3.4: Propiedades de la bomba horizontal centrífuga 3M 65-125/7.5 [12]



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

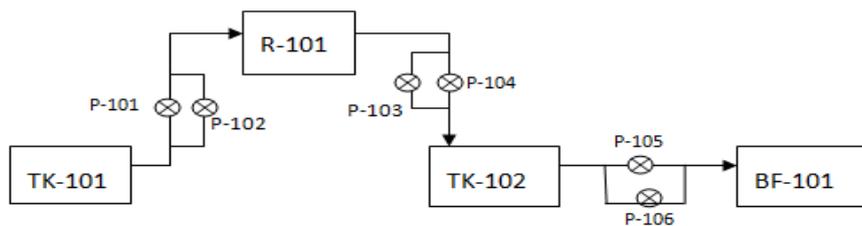
## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

A continuación se muestra en forma de *figura 3.5* la bomba seleccionada para implantar en el sistema.



*Figura 3.5: Bomba EBARA serie 3 [12.]*

En total para la ejecución de este proyecto serían necesarias, un total de, 6 bombas centrífugas ya que todos los circuitos cuentan con una doble conducción de seguridad, para así evitar pérdidas de trabajo durante el mantenimiento o reparación de las mismas. Por ello a continuación se muestra en el siguiente flujo la representación de las bombas (P-10X) necesarias a implantar, también se indican las que salen del tanque de almacenamiento 2 y se dirige al biofiltro, siendo estas de iguales propiedades que las anteriores.



*Figura 3.6: Diagrama flujo de bombas centrífugas*



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN



## Propiedades A 516 Gr 55

Los aceros empleados para los recipientes a presión y calderas se destacan por su elevada resistencia a la presión a cualquier temperatura, tanto a temperatura ambiente como a bajas y altas temperaturas. Cuya característica les hace diferentes a los aceros estructurales.

La característica principal de estos aceros para recipientes a presión es su capacidad para resistir elevadas presiones a diferentes temperaturas de utilización. A demás presentan buenos niveles de soldabilidad y resiliencia. Las zonas de soldadura presentan un efecto de endurecimiento, el cual es tratado por dos métodos, el de normalizado y por el recocido, evitando así la formación de tensiones.

En cuanto a las aplicaciones podemos destacar su empleo en la fabricación de calderas, calderines, tuberías a presión o de vapor, termos industriales e intercambiadores de calor. En especial, estos aceros son aptos para procesos de conformación mecánica y soldadura.

Cabe destacar una serie de normas Europeas que le son otorgados a este material, las cuales se exponen a continuación.

- Desgasado al vacío
- CEV reducido
- Análisis de producto
- PWHT de las muestras de ensayo
- Ensayo de resiliencia en sentido transversal
- Ensayo de tracción a alta temperatura
- Ultrasonidos
- Propiedades de deformación mejoradas en sentido perpendicular a la superficie del producto según la norma EN 101164 (Ensayo Z)
- Ensayo de doblado



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

- Uso en ambiente ácido

El material a emplear a parte de contar con estas características otorgadas por la Norma Europea, cuenta con otra serie de características propias para la numeración indicada. Siendo en este caso, las expuestas a continuación para ASTM A516.

- Desgasado al vacío
- Tamaño de grano austenítico
- Análisis de producto
- PWHT de las muestras de ensayo
- Ensayo de resiliencia
- Ensayo de tracción a alta temperatura
- Ultrasonidos
- Ensayo de doblado

Los aceros al carbono para recipientes a presión para usos a temperaturas bajas y intermedias, son los definidos por las siglas ASTM 516, donde encontramos diferentes tipos en función del grado.

Tabla 3.1.1: Tipos de acero A516 en función del grado

| ATSM  | GRADO |
|-------|-------|
| A 516 | 55    |
| A 516 | 60    |
| A 516 | 65    |
| A 516 | 70    |

Haremos uso en este proyecto de A516 Gr55, como hemos indicado anteriormente, puesto que contamos con un efluente de bajo poder corrosivo.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Una vez seleccionado el material a emplear procedemos a la definición de las características mecánicas del mismo, las cuales se encuentran recogidas en las siguientes *tablas 3.1.2 y 3.1.3*.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

*Tabla 3.1.2: Características mecánicas del acero A516 Gr 55.*

|                  | Sentido | Espesor (mm) | R <sub>e</sub> (Mpa) | R <sub>m</sub> (Mpa) | Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) | A 5,65√S <sub>0</sub> (%) | KV 20°C (J) | KV 0°C (J) | KV -20°C (J) | KV -40°C (J) | KV -50°C (J) | A2 (%) | A8 (%) |
|------------------|---------|--------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|
| <b>A516 Gr55</b> | T       | 5-150        | ≥ 205                | 380-515              | 7,85                          | -                         | -           | -          | -            | -            | -            | ≥ 30   | ≥ 27   |

*Tabla 3.1.3: Composición del acero A 516 Gr 55.*

| <b>A516 Gr55</b> |        |             |         |         |             |        |        |        |        |        |        |       |        |       |                     |                       |
|------------------|--------|-------------|---------|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|---------------------|-----------------------|
| Espesor (mm)     | C (%)  | Mn (%)      | P (%)   | S (%)   | Si (%)      | Al (%) | Cu (%) | Cr (%) | Ni (%) | Mo (%) | Nb (%) | V (%) | Ti (%) | N (%) | C <sub>eq</sub> (%) | Ni + Cr + Cu + Mo (%) |
| 5 – 12,5         | ≤ 0,18 | 0,60 – 0,90 | ≤ 0,025 | ≤ 0,025 | 0,15 - 0,40 | -      | -      | -      | -      | -      | -      | -     | -      | -     | -                   | -                     |
| 12,5 – 25        |        | 0,60 – 1,20 |         |         |             |        |        |        |        |        |        |       |        |       |                     |                       |
| 25 – 50          | ≤ 0,20 |             |         |         |             |        |        |        |        |        |        |       |        |       |                     |                       |
| 50 – 80          | ≤ 0,22 |             |         |         |             |        |        |        |        |        |        |       |        |       |                     |                       |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

## ❖ TABLAS PARA EL DISEÑO MECÁNICO

Tabla 3.1.4: Esfuerzo de diseño ( $S_d$ ) y de prueba ( $S_t$ ) en función del material

| ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL | ESFUERZO DE DISEÑO $S_d$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | ESFUERZO DE PRUEBA $S_t$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| A-36                        | 1630                                           | 1750                                           |
| A-283 Gr. C                 | 1410                                           | 1580                                           |
| A-285 Gr. C                 | 1410                                           | 1580                                           |
| A-516 Gr. 55                | 1410                                           | 1580                                           |
| A-516 Gr. 60                | 1500                                           | 1690                                           |
| A-516 Gr. 65                | 1640                                           | 1850                                           |
| A-516 Gr. 70                | 1780                                           | 2000                                           |

Tabla 3.1.5: Espesores comerciales

| Espesor  |           |       | Peso              |
|----------|-----------|-------|-------------------|
| Pulgadas | Milésimas | mm    | Kg/m <sup>2</sup> |
| 3/16"    | 188       | 4,76  | 37,39             |
| 1/4"     | 250       | 6,35  | 49,85             |
| 5/16"    | 313       | 7,94  | 62,31             |
| 3/8"     | 375       | 9,53  | 74,77             |
| 7/16"    | 438       | 11,11 | 87,23             |
| 1/2"     | 500       | 12,70 | 99,70             |
| 5/8"     | 625       | 15,88 | 124,62            |
| 3/4"     | 750       | 19,05 | 149,54            |
| 7/8"     | 875       | 22,23 | 174,47            |
| 1"       | 1000      | 25,40 | 199,39            |
| 1 1/4"   | 1250      | 31,7  | 249,24            |
| 1 1/2"   | 1500      | 38,10 | 299,09            |
| 1 3/4"   | 1750      | 44,45 | 348,93            |
| 2"       | 2000      | 50,80 | 398,78            |
| 2 1/2"   | 2500      | 63,50 | 498,48            |
| 3"       | 3000      | 76,20 | 598,17            |



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

**ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN**

|        |      |        |         |
|--------|------|--------|---------|
| 3 1/2" | 3500 | 88,90  | 697,87  |
| 4"     | 4000 | 101,60 | 797,56  |
| 4 1/2" | 4500 | 114,30 | 897,26  |
| 5"     | 5000 | 127,00 | 996,95  |
| 6"     | 6000 | 152,40 | 1196,34 |

Nota: El peso es calculado considerando una densidad del acero de 7,850 kg/m<sup>3</sup>

*Tabla 3.1.6.: Eficiencia de la soldadura.*

| <b>EFICIENCIA DE SOLDADURA</b>                     |                              |                      |                         |
|----------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|-------------------------|
| TIPO DE SOLDADURA                                  | GRADO DE EXAMEN RADIOGRÁFICO |                      |                         |
|                                                    | 100%                         | Examinada por puntos | No examinada por puntos |
| Soldadura en X (soldadura a tope a ambos lados)    | 1,00                         | 0,85                 | 0,70                    |
| Soldadura en V con fondo                           | 0,90                         | 0,80                 | 0,65                    |
| Soldadura en V sin fondo (simple por un lado sólo) | -                            | -                    | 0,60                    |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN



## PROPIEDADES AISI 316

Tabla 3.1.7: Características Técnicas de Aceros Inoxidables AISI 316 [13].

| DESIGANCIÓN                 | TIPO ASTM                                  | (AISI)               | 316         |
|-----------------------------|--------------------------------------------|----------------------|-------------|
| PROPIEDADES FÍSICAS         | PESO ESPECÍFICO                            | (g/cm <sup>3</sup> ) | 7,95        |
|                             | MÓDULO DE ELASTICIDAD                      | (N/mm <sup>2</sup> ) | 193.000     |
|                             | ESTRUCTURA                                 |                      | AUSTENÍTICO |
|                             | CALOR ESPECÍFICO A 20C                     | (J/Kg K)             | 500         |
|                             | CONDUCTIVIDAD                              | A 100 C              | 16          |
|                             | TÉRMICA (W/m K)                            | A 150 C              | 21          |
|                             | COEFICIENTE DE                             | 0100 C               | 16,02       |
|                             | DILATACIÓN TÉRMICO                         | 0300 C               | 16,20       |
|                             | MEDIO (x 10 <sup>6</sup> C <sup>-1</sup> ) | 0500 C               | 17,46       |
|                             |                                            | 0700 C               | 18,54       |
|                             | INTERVALO DE FUSIÓN                        | (C)                  | 13711398    |
| PROPIEDADES ELÉCTRICAS      | PERMEABILIDAD TÉRMICA                      |                      | AMAGNÉTICO  |
|                             | EN ESTADO SOLUBLE                          |                      | 1,008       |
|                             | RECOCIDO                                   |                      |             |
|                             | CAPACIDAD DE                               | (μΩm)                | 0,74        |
|                             | RESISTENCIA ELÉCTRICA A                    |                      |             |
|                             | 20C                                        |                      |             |
| PROPIEDADES MECÁNICAS A 20° | DUREZA BRINELL                             | -RECOCIDO HB         | 130185      |
|                             |                                            | -CON DEFORMACION EN  | -           |
|                             |                                            | FRIO HB              |             |
|                             | DUREZA ROCKWELL                            | -RECOCIDO HRB        | 7085        |
|                             |                                            | -CON DEFORMACION EN  | -           |
|                             |                                            | FRIO HRC             |             |
|                             | RESISTENCIA A LA                           | RECOCIDO             | 540690      |
|                             | TRACCIÓN CON                               |                      | -           |
|                             | DEFORMACIÓN EN FRÍO                        |                      |             |
|                             | Rm (N/mm <sup>2</sup> )                    |                      |             |



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

**ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN**

|                                          |                                                                     |                                      |                    |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
|                                          | RESISTENCIA A LA TRACCIÓN                                           | Ksi                                  | 74                 |
|                                          | ELASTICIDAD CON DEFORMACIÓN EN FRÍO<br>RP (0,2)(N/mm <sup>2</sup> ) | RECOCIDO                             | 205410             |
|                                          | RECOCIDO Rp(1) (N/mm <sup>2</sup> )                                 | MÍNIMO                               | 245                |
|                                          | ALARGAMIENTO 50mm                                                   | A(%)                                 | 6040               |
|                                          | ESTRICCIÓN                                                          | RECOCIDO Z (%)                       | 7560               |
|                                          | RESILENCIA                                                          | KCUL (J/cm <sup>2</sup> )            | 160                |
|                                          |                                                                     | KVL (J/cm <sup>2</sup> )             | 180                |
| <b>PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE</b> | ELASTICIDAD DIFERENTES TEMPERATURAS                                 | Rp(0,2)(N/mm <sup>2</sup> )          |                    |
|                                          |                                                                     | - a 300 C                            | 140                |
|                                          |                                                                     | - a 400 C                            | 125                |
|                                          |                                                                     | - a 500 C                            | 105                |
|                                          |                                                                     | Rp(1)(N/mm <sup>2</sup> )            |                    |
|                                          |                                                                     | - a 300 C                            |                    |
|                                          |                                                                     | - a 400 C                            | 166                |
|                                          |                                                                     | - a 500 C                            | 147                |
|                                          |                                                                     |                                      | 127                |
|                                          | LÍMITE DE FLUENCIA                                                  | 500 C                                | 82                 |
|                                          |                                                                     | 600 C                                | 62                 |
|                                          |                                                                     | 700 C                                | 20                 |
|                                          |                                                                     | $\sigma_{1/100.000/T}(N/mm^2)$ 800 C | 6,5                |
| <b>TRATAMIENTOS TÉRMICOS</b>             | RECORRIDO COMPLETO                                                  | (OC)                                 | ENFIRAMIENTO       |
|                                          | RECORRIDO INDUSTRIAL                                                | ( )                                  | RÁPIDO<br>10081120 |
|                                          | TEMPLE                                                              |                                      | NO COGE<br>TEMPLE  |
|                                          | INTERVALO DE FORJA                                                  | TEMPER.INICIAL                       | 1200               |
|                                          |                                                                     | TEMPER.FINAL                         | 925                |
|                                          | TERMPERATURA                                                        | SERVICIO CONTINUO                    | 925                |



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

**ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN**

|                    |                                                    |                       |           |
|--------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
|                    | FORMACIÓN CASCARILLA                               | SERVICIO INTERMITENTE | 840       |
| <b>OTRAS</b>       | SOLDABILIDAD                                       |                       | MUY BUENA |
| <b>PROPIEDADES</b> | MAQUINABILIDAD                                     |                       | 45%       |
|                    | COMPARADO CON UN<br>ACERO BESSEMER PARA<br>a.B1112 |                       |           |
|                    | EMBUTIÓN                                           |                       | BUENA     |

*Tabla 3.1.8: Composición química (%) de los aceros inoxidables AISI 316*

| AISI       | %<br>Carbono<br>(C) | %<br>Manganeso<br>(Mn) | %<br>Fósforo<br>(P) | %<br>Azufre<br>(S) | %<br>Sílice<br>(Si) | %<br>Cromo<br>(Cr) | %<br>Níquel<br>(Ni) | %<br>Molibdeno<br>(Mo) |
|------------|---------------------|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| <b>316</b> | 0,08                | 2                      | 0,04                | 0,03               | 0,75                | 16-18              | 10-14               | 2-3                    |

Los aceros inoxidables austeníticos se caracterizan por una buena resistencia a la corrosión, una buena ductilidad, facilidad para ser soldada, aptitud al pulido y por unas buenas propiedades de embutición. [14]

Los austeníticos son los inoxidables más populares gracias a su excelente aptitud a la conformación aliada a una buena resistencia a la corrosión, ya que se encuentra formada por aleaciones de acero con un contenido en cromo entorno al 10-12% como mínimo, y gracias a la presencia de níquel, el cual forma una estructura cristalina transformando el material en austenita, y es de aquí de donde se adquiere el nombre del material. La presencia del molibdeno dentro del acero inoxidable forma compuestos químicos que protegen al material de la corrosión por picaduras, teniendo en este caso una concentración del mismo entorno al 2-3 % [15].



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Dentro de los aceros inoxidable encontramos los ferrítico, los cuales tienen como forma interna la ferrita, la cual le hace contar con la propiedad de imantación. Mientras que los materiales de acero inoxidable que cuentan con la forma interna austenita, no cuentan con dicha propiedad, ya que no son magnéticos porque se han formado a partir de aleaciones en las que interviene el níquel [15].

En cuanto a las propiedades más importantes que presentan estos aceros, podemos destacar los siguientes [15]:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Excelente factor de higiene-limpieza.
- Fáciles de transformar.
- Excelente soldabilidad.
- No se endurecen por tratamiento térmico.
- Se pueden emplear a temperaturas criogénicas, (mínimas) como a elevadas temperaturas.

Las aplicaciones más destacadas donde podemos encontrarnos con este tipo de materiales son en una amplia gama de industrias y equipos, a continuación añadimos una lista de los lugares más habituales donde nos los podemos encontrar [15].

- Equipos de industria química.
- Equipos de industria farmacéutica.
- Equipos de industria textil.
- Equipos de industria vitivinícola y otras bebidas.
- Equipos de industria láctea, alimenticia...
- Equipos de industria petrolera.
- Equipos de industria papel y celulosa, como va a ser en empleado en nuestro proyecto.
- Equipos de industria caucho, nylon y tintas.
- Equipos de construcción naval.
- Instrumentos quirúrgicos.
- Cubos de fermentación.
- Etc.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 3. DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN

Tabla 3.1.9: Rugosidad en función del material

| <b>RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES</b> |                                   |                           |                                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| <b>Material</b>                         | <b><math>\epsilon</math> (mm)</b> | <b>Material</b>           | <b><math>\epsilon</math> (mm)</b> |
| Plástico (PE, PVC)                      | 0,0015                            | Fundición asfaltada       | 0,06-0,18                         |
| Poliéster reforzado con fibra de vidrio | 0,01                              | Fundición                 | 0,12-0,60                         |
| Tubos estirados de acero                | 0,0024                            | Acero comercial y soldado | 0,03-0,09                         |
| Tubos de latón o cobre                  | 0,0015                            | Hierro forjado            | 0,03-0,09                         |
| Fundición revestida de cemento          | 0,0024                            | Hierro galvanizado        | 0,06-0,24                         |
| Fundición con revestimiento bituminoso  | 0,0024                            | Madera                    | 0,18-0,90                         |
| Fundición centrifugada                  | 0,003                             | Hormigón                  | 0,3-3,0                           |

*ANEJO 4*

*INSTALACIÓN DEL*

*BIOFILTRO*

## ÍNDICE ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

|                                                        | <i>Página</i> |
|--------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. DESCRIPCIÓN</b> _____                            | <b>61</b>     |
| <b>2. FUNDAMENTOS DE BIOFILTROS</b> _____              | <b>62</b>     |
| <b>3. FASES DEL BIOFILTRO</b> _____                    | <b>63</b>     |
| <b>4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE BIOFILTAÇÃO</b> _____ | <b>64</b>     |
| <b>5. DOSIFICACIÓN DEL CAUDAL</b> _____                | <b>65</b>     |
| <b>6. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN</b> _____               | <b>67</b>     |
| <b>7. MEDIO FILTRANTE</b> _____                        | <b>68</b>     |
| <b>8. SISTEMAS DE DRENAJE</b> _____                    | <b>72</b>     |
| <b>9. VENTILACIÓN</b> _____                            | <b>72</b>     |
| <b>10. LAVADO</b> _____                                | <b>74</b>     |
| <b>11. DISEÑO DEL BIOFILTRO</b> _____                  | <b>76</b>     |
| <b>12. DISEÑO MECÁNICO DEL BIOFILTRO</b> _____         | <b>80</b>     |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

### 1. DESCRIPCIÓN

La biofiltración es un tratamiento innovador para el tratamiento de aguas residuales producidas por las industrias. Se define como la combinación de una acción mecánica de retención de los materiales en suspensión mediante filtración y de una transformación biológica de los contaminantes contenidos en el agua que han de tratar, mediante la intervención de microorganismos [2].

Los usos de biofiltración datan desde el año 1923, cuya primera utilización fue destinada para remover el azufre proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales. En los primeros biofiltros se utilizaban sistemas abiertos, empleando como soporte poroso el suelo. Se hacían huecos en el suelo y se colocaba un sistema de tubos perforados en la base que dejaban pasar el aire a través del suelo. Estos sistemas fueron modificándose, ya que se difundieron a los Estados Unidos de América y Alemania occidental por el año 1950, donde se publicaron los fundamentos de la tecnología. A partir de entonces, los nuevos diseños permitieron unos mayores rendimientos para la carga de olores y compuestos volátiles. Hasta los años 80 no se desarrollan los sistemas cerrados con sistemas de control computarizados y el empleo de medios filtrantes inorgánicos novedosos, como el carbón activo granular, el poliestireno y las cerámicas. Posteriormente, se fueron estudiando diferentes alternativas para obtener una tecnología más versátil, obteniéndose resultados óptimos para un mayor número de compuestos a tratar.

En los últimos años, los investigadores se han enfocado en la creación de sistemas con un mayor control de los procesos, al estudio de las cinéticas de degradación de los compuestos recalcitrantes o bien al estudio de modelos matemáticos que permiten optimizar y comprender mejor los sistemas de biofiltración. Actualmente, existen numerosas aplicaciones a nivel industrial para una gran variedad de aplicaciones; con la tendencia al perfeccionamiento de la biofiltración tradicional hacia equipos de un



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

alto desempeño para el tratamiento de las emisiones utilizando microorganismos previamente seleccionados y adaptados [3].

## 2. FUNDAMENTOS DE BIOFILTROS

El proceso de biofiltración en un proceso innovador para el tratamiento de las aguas residuales, y tras varios ensayos se han obtenido unos resultados óptimos de depuración. Por lo que, muchas de las industrias papeleras europeas emplean este sistema.

La biofiltración presenta un gran interés para la eliminación de la demanda química de oxígeno (DQO) fácilmente o poco biodegradable, así como en la nitrificación del nitrógeno amoniacal. Para ello se presenta a continuación una serie de ventajas a tener en cuenta a la hora de su empleo [2].

- Presenta excelentes rendimientos de depuración.
- Muy buena adaptación a las variaciones de carga.
- Buena eficiencia con bajas temperaturas del agua.
- Instalación compacta, es decir, precisa de poco terreno para su implantación.
- Consta de la tecnología modular, con una instalación pre-planificada y pre-fabricada.
- Presenta una gran flexibilidad con respecto a la carga hidráulica.
- Ausencia de lodos, y pérdida de lodos.
- Sistema automatizado con posibilidad de telecontrol.
- Explotación fácil para un coste reducido.
- Reducidos costes de inversión.

Una vez presentado las ventajas y condiciones que presenta este tratamiento diremos que para la obtención de un buen resultado final también debemos de tener en cuenta el tratamiento previo empleado, siendo este en nuestro proyecto, un tratamiento de ozonización, con lo que el material efluente contará con una concentración de DQO



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

igual a  $25,7 \text{ mg/m}^3$ , siendo este valor por encima de los límites establecidos para el vertido directo al río, según la Ordenanza Municipal nº33 de Almazán (Soria), la cual limita dicho parámetro a una concentración igual a  $5 \text{ mg/m}^3$  en la salida del tratamiento.

Con este tratamiento, biofiltración de lecho fijo, se ha comprobado que la concentración de DQO final de salida del tratamiento cumple con la legislación vigente, es decir, con una concentración inferior a  $5 \text{ mg/m}^3$ .

### 3. FASES DEL BIOFILTRO

Una vez presentado el biofiltro vamos a hablar de las fases en las que se compone el mismo, para ello las definimos a continuación en función del estado en el que cada una de ellas se lleva a cabo [2].

- Fase en estado sólido, en la cual contamos con un material sintético. Este material ejerce una función de refuerzo de la proliferación bacteriana y permite la retención de los materiales mediante el proceso, comúnmente llamado, filtración. El soporte debe de contar con una retícula microporosa considerable para la obtención de una superficie específica elevada, siendo a la vez resistente a la abrasión.
- Fase en estado líquido, es el proceso en el que las aguas se depuran.
- Fase en estado gaseosa, consiste en añadir aire a la masa filtrante para que así se pueda llevar a cabo los procesos de degradación aeróbica de la materia orgánica.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

El biofiltro, es un reactor compuesto por un material-soporte que permite la filtración de las aguas residuales. Siendo los microorganismos que se encuentran sobre el material-soporte los encargados de la descontaminación del agua.

Generalmente con una serie de condiciones a tener en cuenta a la hora del diseño del biofiltro.

- Los materiales-soporte presentan una densidad superior a 1, como en nuestro caso.
- El flujo de circulación de los efluentes en el interior del biofiltro es en sentido descendente.
- La inyección de aire y del agua de lavado se realizan a contracorriente del flujo de circulación de las aguas residuales a fin de mantener las condiciones aeróbicas en el conjunto del reactor.

## 4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE BIOFILTAÇÃO

Para llevar a cabo la instalación de un sistema de biofiltración debemos de tener en cuenta una serie de parámetros concretos como son las instalaciones físicas que requiere el sistema, para ello definimos a continuación los factores asociados a los filtros percoladores donde incluimos (1) la dosificación del caudal, (2) características del sistema de alimentación, (3) características del medio filtrante, (4) configuración del sistema de drenaje inferior, (5) sistemas de ventilación, (6) tanques de alimentación necesarios. Todos estos factores quedan definidos a continuación.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

### 5. DOSIFICACIÓN DEL CAUDAL

La dosificación del caudal es necesaria para la optimización del rendimiento del biofiltro, para ello debemos de contar con dos características, en primer lugar se debe asegurar de forma continua y uniforme el crecimiento de la biomasa, y en segundo lugar, el desprendimiento del exceso de biomasa en función de la carga orgánica [16].

Para conseguir un crecimiento y desprendimiento uniforme se ha comprobado que se necesitan caudales de alimentación de filtro superiores a los valores normalmente empleados. En cuanto al caudal necesario en cm/paso, se puede aproximar multiplicando la carga orgánica aplicada expresada en kg DBO<sub>5</sub> /10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> por el factor 19,0. El caudal instantáneo dosificado es función de la velocidad de rotación del distribuidor o de la duración de las fases de funcionamiento y parada de un dosificador fijo. La velocidad de rotación de un distribuidor giratorio se puede determinar empleando la siguiente ecuación [16]:

$$n = \frac{1,66 (Q_T)}{(A)(DR)}$$

Donde  $n$ , es la velocidad de rotación del distribuidor en r.p.m.;  $Q_T$ , es la carga hidráulica total aplicada en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · h, que es igual a la suma de  $Q + Q_r$ ;  $Q$ , es la carga hidráulica del agua residual afluente, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · h;  $Q_r$  es la carga hidráulica del caudal recirculado, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> · h;  $A$ , es el número de brazos del distribuidor; y  $DR$ , es el caudal de dosificación en cm/paso del brazo distribuidor.

Para conseguir las dosificaciones recomendadas, la velocidad del distribuidor giratorio se puede controlar de tres formas, siendo una de ellas invirtiendo la posición de algunos de los orificios existentes pasándolos a la parte frontal del brazo del distribuidor, la siguiente forma es mediante la adición de deflectores para invertir el



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

sentido de descarga de los orificios existentes, y la tercera y última forma es conectando el distribuidor a un motor eléctrico de velocidad variable.

A continuación se presenta una *tabla 4.1* donde se recoge la dosificación típica de filtros percoladores.

Tabla 4.1: . Caudales de dosificación típica de filtros percoladores [16]

| Carga orgánica (kg/m <sup>3</sup> ·d) | Dosificación (cm/paso) |
|---------------------------------------|------------------------|
| <0,4                                  | 7,3                    |
| 0,8                                   | 15,0                   |
| 1,2                                   | 22,5                   |
| 1,6                                   | 30,0                   |
| 2,4                                   | 45,0                   |
| 3,2                                   | 60,0                   |

Según el presente proyecto, cabe destacar que la carga orgánica a la entrada en el biofiltro tiene un valor igual a 0,0257 kg/m<sup>3</sup>día; lo cual indica que vamos a contar con una dosificación de 7,3 cm/paso.

Además en particular para este proyecto, contamos con una carga hidráulica sin recirculación  $Q_r$ , por lo que  $Q_T$  es igual a  $Q$  en función de lo definido anteriormente. Teniendo en cuenta que el valor de  $Q_T$  es definido en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h, diremos que el valor obtenido para  $Q_T$  es igual a 203,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h en función del área de la tubería (cuyo diámetro es igual 130,55mm).

Por lo tanto, una vez obtenidos todos los valores procedemos a la resolución de la ecuación, contando con un sistema de distribución de 2 brazos.

El resultado de la velocidad de circulación ( $n$ ) es igual a 23,1 r.p.m.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

### 6. SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

El elemento más empleado para este tipo de filtros, es el sistema de distribución rotatorio debido a su fiabilidad y facilidad de mantenimiento.

El distribuidor está formado por dos brazos montados sobre un pivote central que gira en un plano horizontal. Los brazos son huecos y cuentan con una serie de boquillas por las cuales se distribuye el agua residual sobre el medio filtrante. El movimiento del distribuidor puede estar gobernado por la reacción dinámica de la descarga de agua residual en su salida por las boquillas, o por un motor eléctrico. La velocidad de rotación, varía en función del caudal y de la carga orgánica como hemos podido ver en el punto anterior 1.4.1. Dosificación del caudal. Entre la parte inferior del distribuidor y la superficie del medio filtrante debe existir un espacio libre entre 150 y 225 mm. Este espacio libre permite la distribución del agua residual que sale por las boquillas de forma que el medio quede uniformemente cubierto, y evita que las acumulaciones de hielo que se puedan producir en los periodos fríos de invierno interfieran con el movimiento del distribuidor [16].

Los brazos del distribuidor pueden ser de dos tipos, de sección transversal constante para unidades pequeñas, como es el que se va a implantar en este proyecto, o de sección decreciente para mantener una velocidad mínima de transporte.

El espaciamiento de las boquillas es irregular para asegurar un mayor caudal por unidad de longitud en la periferia que en la zona central. Para así obtener una distribución uniforme sobre toda la superficie del filtro, el caudal por unidad de longitud debe ser proporcional a la distancia al centro del filtro. La pérdida de carga a través del distribuidor suele ser del orden de 0,6 a 1,5 m.

Las características más importantes que hay que tener en cuenta al elegir un determinado distribuidor son las siguientes [16]:



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

- Robustez en la estructura.
- Facilidad de limpieza
- Capacidad de manejar grandes variaciones de caudal manteniendo una adecuada velocidad de giro.
- Resistencia a la corrosión de los materiales y recubrimientos.

Los sistemas de distribución de boquilla fija consisten en una serie de boquillas rociadoras situadas en los vértices de un conjunto de triángulos equiláteros que cubren en lecho del filtro. Un sistema de tuberías distribuye el agua residual uniformemente a todas las boquillas. Se emplean unas boquillas especiales que consiguen un rociado plano variándose de forma sistemática la presión para que el agua rociada caiga primero a mayor distancia de la boquilla pero luego, conforme se produce un descenso gradual de la carga, caiga a una distancia cada vez menor. De esta manera, se consigue aplicar una dosis uniforme a toda la superficie del filtro. A lo largo de las paredes laterales del filtro también se utilizan boquillas de medio rociado. Las boquillas se alimentan por medio de unos tanques de dosificación gemelos que tienen el fondo de manera que proporcionan mayor volumen a mayor carga (requerida por la mayor superficie de rociado). Los tanques están dispuestos de manera que se llenan y descargan de forma alterna, y la descarga a las boquillas se realiza a través de sifones automáticos. La carga necesaria media desde la superficie del filtro hasta el nivel máximo del agua en el tanque de dosificación, suele oscilar entre 2,4 y 3 m [16].

## 7. MEDIO FILTRANTE

Hoy en día existe una gran variedad de medios filtrantes, ya que hasta mediados de los años sesenta el material más empleado era granito de alta calidad o escoria triturada. Este material fue perdiendo uso debido a su coste, a problemas como la escasa superficie de poros y la facilidad de obstrucción por la biomasa [16].

El material filtrante ideal es un material que tenga una gran área superficial por unidad de volumen, que sea económico y que no se obstruya con facilidad, por ello, hoy en



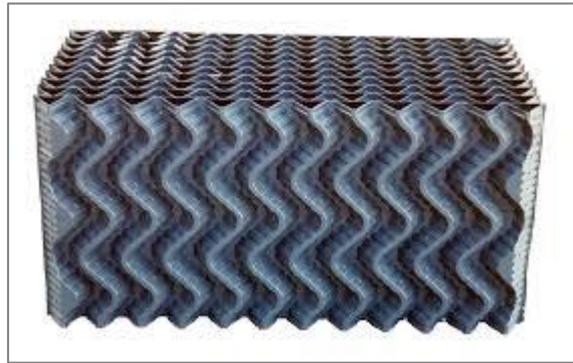
# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

día encontramos diferentes materiales como son la piedra, de plástico, de madera de secuoya o de madera prensada. A continuación se representan los tipos de medio filtrante en forma de figuras [16].



(1)



(2)



(3)



(4)

Figura 4.1: Tipos de medios filtrantes: (1) piedra, (2) plástico de flujo vertical, (3) plástico de flujo transversal, y (4) de madera de secuoya.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Otra de las características de los medios filtrantes que revisten importancia son la resistencia y la durabilidad. La durabilidad se puede determinar con el ensayo de sulfato de sodio, que se utiliza para probar la consistencia del hormigón. Debido al peso del medio filtrante, la profundidad de los filtros de medio rocoso se suele limitar entre 1,5 y 3m.

En cuanto a los medios filtrantes de plástico existen una serie de peculiaridades, son medios moldeados que tiene forma de colmena como se puede apreciar en la *figura 4.1*. En su construcción, se entrelazan láminas de cloruro de polivinilo (PVC) lisas o corrugadas para formar módulos rectangulares. Estas láminas suelen tener una superficie corrugada para favorecer el crecimiento de la película biológica y para aumentar su tiempo de detención. Cada nivel de módulos se dispone ortogonalmente al nivel anterior para mejorar la distribución del agua residual. Los dos principales tipos de medios de láminas de plástico corrugado son los verticales y los de flujo transversal, como habíamos indicado anteriormente. Ambos resultan eficientes para la eliminación de demanda biológica de oxígeno (DBO) y de los sólidos en suspensión (SS) para un amplio intervalo de cargas. Con el uso de medios de madera o de plástico se han construido filtros de hasta 12 m de profundidad. La capacidad de trabajar a altas cargas y la dificultad de obturación que ofrecen estos tipos de medios los hacen especialmente indicados para su uso en filtros de alta carga.

En función del medio filtrante existen una serie de propiedades físicas específicas para cada uno, estas se encuentran recogidas en la siguiente *tabla 4.2* [16].



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Tabla 4.2: Propiedades físicas de los medios filtrantes de los tipos de filtros percoladores

| MEDIO                        | Tamaño nominal, mm           | Masa por unidad de volumen kg/m <sup>3</sup> | Superficie específica m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> | Porcentaje de huecos % |
|------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------|
| Gravas de río                |                              |                                              |                                                      |                        |
| - Pequeñas                   | 25-62,5                      | 1.250-1.440                                  | 55-69                                                | 40-50                  |
| - Grandes                    | 100-125                      | 800-990                                      | 39-164                                               | 50-60                  |
| Escorias de altos hornos     |                              |                                              |                                                      |                        |
| - Pequeñas                   | 50-75                        | 900-1.200                                    | 55-69                                                | 40-50                  |
| - Grandes                    | 75-125                       | 800-990                                      | 46-59                                                | 50-60                  |
| Plásticos                    |                              |                                              |                                                      |                        |
| - Convencional               | 600x600x1.200 <sup>b</sup>   | 32-96                                        | 79-98                                                | 94-97                  |
| - Alta superficie específica | 600x600x1.200 <sup>b</sup>   | 32-96                                        | 98-196                                               | 94-97                  |
| Madera de secuoya            | 1.200x1.200x500 <sup>b</sup> | 144-176                                      | 39-49                                                | 70-80                  |
| Relleno desordenado          | 25-87,5                      | 48-96                                        | 125-279                                              | 90-95                  |

<sup>b</sup> Tamaño del módulo

Una vez analizados y definidos los distintos medios filtrantes, me decanto por el empleo de un medio plástico convencional ya que es el que cumple con las características exigidas para tratar el presente agua.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

### 8. SISTEMAS DE DRENAJE

El sistema de recogida del agua residual consiste en un dispositivo de recogida de agua residual filtrada.

Estos sistemas están contruidos por bloques de arcilla vitrificada o parrillas de fibra de vidrio que descasan sobre un falso fondo sobre la solera del filtro. La solera y el sistema de drenaje inferior deben ser suficientemente resistentes para soportar el peso del medio, de la película biológica y del agua residual. Además están dotados de una cierta pendiente entre el 1-5% para llevar el agua recogida a los canales de drenaje[16].

Los canales de extracción del efluente son diseñados de modo que se consiga una velocidad mínima del flujo de 0,6 m/s.

Los sistemas de drenajes inferiores pueden estar abiertos en ambos extremos para facilitar las labores de inspección y limpieza en caso de que estén obturados. También sirven para ventilar el filtro, proporcionando el aire que precisan los microorganismos de la película biológica, de modo que deberían estar comunicados, al menos, con un caudal perimetral para la ventilación de la zona del muro y con el canal de recogida central [16].

### 9. VENTILACIÓN

El correcto funcionamiento de un filtro es función del flujo de aire que pasa a través del mismo. Los principales factores que intervienen en el flujo de aire en un filtro abierto en su parte superior son la ventilación natural y la acción del viento. En el caso de la ventilación natural, el agente que genera el flujo de aire es el gradiente de temperatura existente entre el aire contenido y el aire atrapado en los poros del filtro. Produciendo así dos situaciones:



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Si el agua residual tiene una temperatura inferior a la del aire ambiente, el aire de los poros será frío y el flujo de aire se producirá en sentido descendente.

Si el aire ambiente tiene menor temperatura que el agua residual, el flujo de aire será ascendente.

Analizando estas dos situaciones, observamos que la primera situación es menos favorable desde el punto de vista de la transferencia de masas, ya que la presión parcial del oxígeno, y por lo tanto la velocidad de transferencia del oxígeno, es menor en la zona de mayor demanda de oxígeno. En muchas de las regiones del país, especialmente en la estación de verano, hay épocas en las que apenas se produce circulación de aire alguna a través del filtro percolador, ya que los gradientes de temperatura son inapreciables [16].

El caudal volumétrico de aire se puede estimar igualando la fuerza actuante a la suma de pérdidas de carga producida en la circulación del aire a través del filtro y del sistema de drenaje inferior.

Se ha podido comprobar que la ventilación natural resulta adecuada para los filtros percoladores siempre y cuando se adopten a las siguientes precauciones [16]:

1. Los sistemas de drenaje y los canales de recogida del efluente se deben diseñar de modo que nunca funcionen a más de la mitad de su capacidad, de modo que siempre quede un espacio libre para la circulación del aire.
2. En ambos extremos del canal central de recogida se instalará cámaras de registro con tapa de rejilla abierta para asegurar la ventilación.
3. Los filtros de gran diámetro deberán estar provistos de canales colectores secundarios con orificios o chimeneas de ventilación situados cerca de la periferia.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

4. La superficie de la zona abierta de las ranuras de la parte superior de los bloques de los drenajes inferiores no debe ser inferior al 15% de la superficie del filtro.
5. Por cada 23 m<sup>2</sup> de superficie del filtro deberá existir una superior de 0,10 m<sup>2</sup> de rejilla abierta en las cámaras y chimeneas de ventilación.

Para filtros de mayores dimensiones de presentan otras series de ventajas en función del diseño, instalación y usos del sistema. Pero en este caso no vamos a profundizar ya que no se corresponde para este proyecto.

En épocas en que la temperatura del aire sea extremadamente baja, puede ser necesario restringir el flujo de aire a través del filtro para evitar su congelación.

## 10. LAVADO

Durante su proceso, es necesario el lavado por soporte filtrante cada 1 a 3 días, ya que se producen pérdidas de carga asociadas a la agrupación de bacterias y la retención de los materiales presentes en el agua a tratar. Para solucionar esta pérdida de carga se realiza un lavado del reactor, el cual consta de tres fases que se exponen a continuación.

1ª Fase: consta de un levantamiento del lecho en el aire.

2ª Fase: se realiza un lavado con agua/aire.

3ª Fase: clarificación sólo con agua.

Este proceso tiene una duración de 20 a 50 minutos, y necesita un aporte de agua del 3 al 5 % de la cantidad de agua tratada [2].

Como la cantidad de materia orgánica va a ser pequeña, se van a realizar turnos de limpieza de 50 minutos cada 2 días, y con un empleo del 3%, es decir, 60 m<sup>3</sup>/día. Por lo tanto, se realizan un gasto total igual a 2,08 m<sup>3</sup>/limpieza.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Actualmente, la biofiltración ha diseñado un sistema de lavado segmentado en relación con el de lavado tradicional. Siendo esta nueva generación de biofiltros la cual se encarga del empleo de un soporte homogéneo, en concreto, soporte sintético. Para estos filtros de una sola capa no es necesario fluidificar la totalidad del lecho filtrante durante las fases de lavado. Por tanto, el material filtrante puede desplazarse por toda la altura del lecho sin que ello tenga ninguna repercusión sobre la eficacia del procedimiento. En las operaciones de lavado, el aire y el agua se introducen sobre una fracción de la superficie de lecho fijo, para ello contamos en la parte inferior del reactor con una serie de conductos, lo cual le otorga la característica de un sistema innovador y eficiente. El difusor se encuentra protegido del relleno mediante un manguito metálico perforado, proporcionando así, un acceso desde el exterior del reactor [2].

En concreto para este proyecto, contaremos con una bomba de impulsión IN125/250A para realizar la limpieza, esta va a ser adquirida de la empresa ITUR, siendo esta proporcionada por la empresa encargada del biofiltro. Está bomba se caracteriza porque necesita mover un menor caudal, por ello se elige una bomba centrífuga bicelular de acero inoxidable AISI 304 particularmente adecuada para realizar lavados de presión. A continuación se muestran las características de la bomba seleccionada para realizar la actividad de limpieza:

- Prestaciones
  - Presión máxima de trabajo: 8 bar
  - Temperatura máxima del líquido: 35 °C
  
- Materiales
  - Cuerpo de bomba, impulsor, difusor y bases portacierre: AIS 304
  - Eje: AISI 303
  - Soporte carcasa de motor: Aluminio
  - Cierre metálico: Carbón/Cerámica/NBR



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

- Datos técnicos:
  - Motor asíncrono, 2 polos y ventilación forzada
  - Aislamiento: : Clase F
  - Protección: IP 55
  - Trifásica 230/400 V  $\pm$  10% 50 Hz
  - Potencia : 0,75 KW
  - Intensidad Absorbida: 2,3 A

El agua residual resultante de las limpiezas de mantenimiento se dirigirá mediante canalización a la cabeza del sistema para comenzar de nuevo el proceso de depuración.

## 11. DISEÑO DEL BIOFILTRO

El tratamiento de biofiltración de lecho fijo, es reconocido también por el nombre de filtro percolador, ya que este nombre se debe a la acción del agua a su paso por un medio poroso, acción de percolar [16].

Los filtros percoladores se caracterizan porque el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho mediante un distribuidor rotativo del flujo. El agua residual percola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo, esto queda representado en la *figura 4.2* que aparece a continuación.

ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

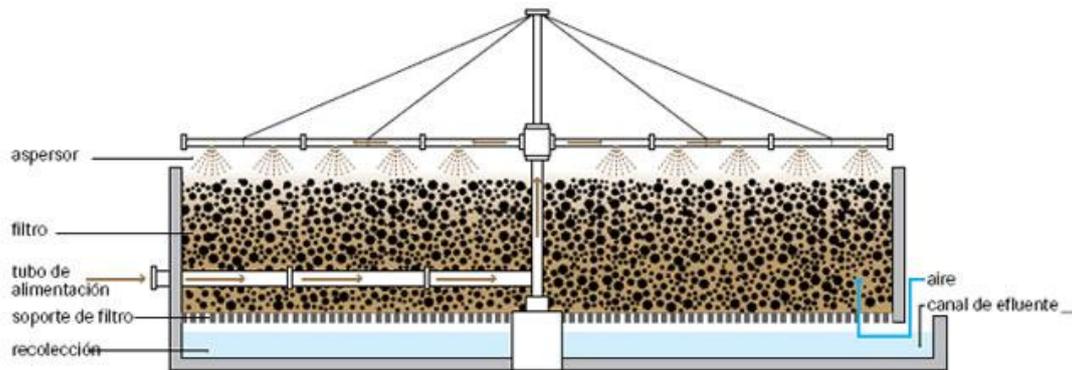


Figura 4.2: Biofiltro

En función del tipo de relleno utilizado en el biofiltro encontramos una serie de características como las que aparecen a continuación en la *tabla 4.3*.

Tabla 4.3: Características de tipos de rellenos para el biofiltro. [16]

| PARÁMETRO                               | COMPOST  | TURBA       | SUELO        | CARBONO ACTIVO, PERLITA | MATERIAL SINTÉTICO |
|-----------------------------------------|----------|-------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| Densidad poblacional de microorganismos | Alta     | Media- baja | Alta         | Ninguna                 | Ninguna            |
| Área superficial                        | Media    | Alta        | Baja – media | Alta                    | Alta               |
| Permeabilidad al aire                   | Media    | Alta        | Baja         | Media-alta              | Muy alta           |
| Contenidos de nutrientes asimilables    | Alta     | Media-alta  | Alta         | Ninguna                 | Ninguna            |
| Absorción de contaminantes              | Media    | Media       | Media        | Alta                    | Alta               |
| Tiempos de vida útil                    | 2-4 años | 2-4 años    | >30 años     | >5 años                 | >15 años           |
| Coste                                   | Bajo     | Bajo        | Muy bajo     | Medio - alto            | Muy alto           |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

La elección del material de relleno del biofiltro está directamente relacionada con el correcto funcionamiento y el grado de eficiencia que se alcance.

Por ello, analizando la tabla anteriormente expuesta y las condiciones del agua a tratar en este proyecto y nos decantamos por el empleo de un relleno de tipo sintético, ya que el efluente a llevar a este reactor va a ser pre-tratado por proceso de ozonización, lo cual cabe destacar que la concentración de DBO en mg/L se va a encontrar reducida, cuyo valor se encuentra en torno a los 25,7 mg/L min, por lo que, no es necesario el empleo de un material con un elevado porcentaje de absorción de contaminantes.

Dentro de los materiales de rellenos sintéticos encontramos unas características importantes que se exponen a continuación [17]:

- El relleno soportan profundidades de 6 a 12 metros.
- Área superficial:  $220 \text{ m}^2/\text{m}^3$  de volumen global.
- Carga hidráulica máxima:  $2,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$
- Existe un menor riesgo de quedar obstruidos por las aguas residuales que arrastran cantidades importantes de sólidos en suspensión.
- Debido a su peso ligero requieren una estructura de soporte barata.

Una vez definidas las características del relleno, también debemos de tener en cuenta el proceso de filtración, puesto que nos encontramos con tres tipos: sistema de filtro único, filtración de doble alternativa, y la filtración en dos etapas, que se encuentran detallados a continuación.

- a) Sistema de filtro único. Puede trabajar con o sin reciclado del efluente. La recirculación del efluente está indicado para obtener una calidad mayor; es recomendable su utilización para un afluente mayor a 500 mg/L de  $\text{DBO}_5$  [17].



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

- b) Filtración de doble alternativa. Cuenta con dos filtros, siendo el primero de ellos el responsable de la mayor parte de eliminación de DBO, y el segundo es el encargado de mejorar la calidad del efluente. En consecuencia la mayor parte del tratamiento sucede en el primer filtro. El ciclo se invierte periódicamente, para obtener así un control del espesor de la capa bacteriana. Con este proceso se obtienen mejores resultados, es decir, un efluente de mayor calidad [17].
- c) Filtración en dos etapas. El primer filtro es grueso, relleno normalmente de material sintético que separa el 60-70 % de DBO. El segundo filtro, en el cual el crecimiento bacteriano es considerablemente menor, actúa como sistema de mejora del efluente [17].

Para este proyecto en particular, contaremos con el empleo de un filtro en dos etapas, puesto que así nos garantizamos una mayor reducción de contaminantes en nuestra agua antes de su vertido al río, y así garantizamos unos mejores resultados empleando como material filtrante el tipo sintético; como segundo filtro, haremos uso de una parrilla de soporte de fibra de vidrio.

Además de las condiciones anteriormente expuestas, debemos de tener en cuenta otra serie de efectos como son las ocasionadas por el pH, por el contenido de humedad, y por la temperatura del biofiltro. Estas quedan detalladas a continuación.

- Efectos del pH

El rango óptimo considerado para un correcto funcionamiento de los biofiltros lo encontramos en valores entorno al 6-8, ya que dentro de estos valores se desarrolla la comunidad bacteriana adecuada, por encima de estos valores el exceso de alcalinidad o de acidez perturbaría el proceso biológico [18].



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

- Contenido de humedad

Una de las características que caben destacar a la hora de describir un material de relleno para un biofiltro, es la de poseer una buena capacidad de retención de agua, ya que de ella depende la formación de la biopelícula y la solubilidad en la misma de las partículas contaminadas que serán atacadas por los microorganismos.

Este valor ha de situarse en torno a un 40-60%, para evitar así la formación en algunas zonas de saturación que favorecerán la anaerobiosis, en el caso de un exceso de contenido de humedad; o bien, una disminución de la biopelícula, o una reducción del tiempo de residencia, ocasionadas por un déficit de humedad. [18]

- Temperatura del medio filtrante

El control de la temperatura dentro del medio filtrante es de gran importancia si contamos con microorganismos encargados de la degradación porque son de tipo mesófilo, es decir, pueden desarrollarse en rangos de entre 15 °C y 41°C. En nuestro caso la temperatura de trabajo son 25 °C por lo que no supone ningún problema para el tratamiento.

## 12. DISEÑO MECÁNICO DEL BIOFILTRO

Debido a la aplicación fundamental que se lleva a cabo en este proyecto, el filtro percolador se considera un reactor de flujo pistón. Diremos, por lo tanto, que las ecuaciones a emplear para el diseño del reactor son las que se muestran a continuación, siendo el propósito de las fórmulas la obtención de una relación entre la disminución de la DBO, la profundidad del filtro, la carga hidráulica y las características del medio [5].



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

Para el diseño del biofiltro nos basamos en la formulación que desarrolla Eckenfelder y colaboradores, las cuales se encuentran detalladas a continuación.

Teniendo en cuenta que contamos con un medio filtrante de material plástico y cuyas propiedades son más predictibles y conocidas a priori, se han desarrollado numerosas relaciones empíricas para predecir el funcionamiento y rendimiento de los filtros percoladores con rellenos de material plástico. La expresión más frecuentemente empleada para describir el funcionamiento, viene definida por la ecuación de Eckenfelder, [19] que es la siguiente:

$$\frac{S_e}{S_0} = e^{[-K_{20}DQ_v]^{-n}}$$

Donde,

$S_e$  = concentración del efluente en mg/L, es igual a 25,7 mg/L.

$S_0$  = concentración del afluente en mg/L, es igual a 5 mg/L.

$K_{20}$  = constante de tratabilidad correspondiente a una determinada profundidad del filtro a 20 °C y un profundidad del filtro de 6m obtenemos un valor igual a 0,058 (dato bibliográfico [16])

$D$  = profundidad del filtro, es igual a 6 m.

$Q_v$  = carga hidráulica, (Q/A),  $m^3/m^2min$ , siendo el valor Q igual a 1,38  $m^3/min$ .

$A$  = superficie del filtro,  $m^2$ .

$n$  = contante empírica, (0,5).

Sustituyendo los valores anteriores, se obtiene:

$$A = Q \cdot \left( \frac{-\ln(S_0/S_e)}{k \cdot D} \right)^{1/n}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 4. INSTALACIÓN DEL BIOFILTRO

$$A = 1,38 \cdot \left( \frac{-\ln(5/25,7)}{0,058 \cdot 6} \right)^{1/0,5} = 30,28 \text{ m}^2$$

Obteniendo un valor de área igual a 30,28 m<sup>2</sup>, lo cual indica que tenemos un diámetro igual a 9,64 m.

Las dimensiones del biofiltro a implantar en este proyecto cuenta con un volumen de 180 m<sup>3</sup>. El tiempo de residencia total es igual:

$$t = \frac{V}{Q}$$

Donde  $V$ , es el volumen del biofiltro medido en unidades de m<sup>3</sup>,  $Q$ , es el caudal del afluente a tratar en (m<sup>3</sup>/h),  $t$ , hace referencia al tiempo que ha de permanecer la corriente de agua en el material de relleno del biofiltro para que los compuestos contaminantes sean accesibles para los microorganismos.

Es decir, el tiempo de residencia es igual a 130 minutos.

En la siguiente *tabla 4.4* se presenta de forma resumida el dimensionado del biofiltro.

*Tabla 4.4: Dimensionado del biofiltro*

| Volumen (m <sup>3</sup> ) | Área (m <sup>2</sup> ) | Diámetro (m) | Altura (m) |
|---------------------------|------------------------|--------------|------------|
| 180                       | 30                     | 9,6          | 6          |

Éstas son las cualidades que requiere este sistema para satisfacer las necesidades requeridas para este proyecto. Por lo que se implantará el sistema comercial más similar a las necesidades presentadas anteriormente, este será proporcionado por las empresas LIFERTECH, IBERFLUID y NEURTEK, proporcionando medios filtrantes, transmisores de nivel y medidor de oxígeno, respectivamente.

*ANEJO 5*

*CÁLCULOS*

*CONSTRUCTIVOS*

## ÍNDICE ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

|                                                  | <i>Página</i> |
|--------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> _____                     | <b>83</b>     |
| <b>2. CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE</b> _____       | <b>84</b>     |
| 2.1. Cubierta _____                              | 85            |
| 2.2. Correas _____                               | 85            |
| 2.3. Cercha _____                                | 85            |
| 2.4. Pilares _____                               | 86            |
| 2.5. Cimentaciones _____                         | 86            |
| 2.6. Solera _____                                | 87            |
| 2.7. Cerramientos _____                          | 87            |
| <b>3. CUBIERTA</b> _____                         | <b>87</b>     |
| 3.1. Consideración geométrica _____              | 87            |
| 3.2. Cálculo de las correas _____                | 88            |
| 3.3. Cálculo de cercha _____                     | 95            |
| <b>4. PILARES</b> _____                          | <b>108</b>    |
| 4.1. Cálculo de pilares _____                    | 108           |
| <b>5. CIMENTACIÓN</b> _____                      | <b>118</b>    |
| 5.1. Dimensionado de la zapata _____             | 118           |
| <b>6. CÁLCULO DE LA ARMADURA</b> _____           | <b>123</b>    |
| <b>7. CÁLCULO DE LAS PLACAS DE BASE</b> _____    | <b>128</b>    |
| <b>8. CÁLCULO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE</b> _____ | <b>131</b>    |
| <b>TABLAS</b> _____                              | <b>134</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

### 1. INTRODUCCIÓN

A continuación se calcula la estructura de la nave, la cimentación y los cerramientos de la misma. En primer lugar se localiza la zona en la que se va a implantar y las normas a tener en cuenta.

En cuanto a la localización, diremos que la nave se va a ubicar en el terreno propio de la Industria Papelera en la localidad de Almazán, Soria. Siendo este terreno un suelo constructivo.

La elección de esta localización se debe a la proximidad con la actividad productiva de la fábrica, abaratando así los costes de traslado de la materia prima a tratar. Además disponemos de espacio suficiente en las proximidades de la industria para su instalación.

A la hora de la construcción existen una serie de normas a cumplir en la estructura de edificación, estas son concretamente las que se exponen a continuación:

- La tensión deducida a partir de los esfuerzos máximos mayorados deberá ser inferior a la tensión máxima admisible para el material de que se trate.
- La flecha que se produzca deberá ser menor que la admisible para el elemento, según su longitud y función dentro del esquema de la estructura.
- Para el cálculo de la estructura el peso debido a los raíles utilizados para desplazar los canales colgados no influirá, debido a que tienen su propia estructura y no se apoyan en la estructura de la nave.

Todas las acciones consideradas en los cálculos se obtienen de acuerdo con el Código Técnico de Edificación, CTE-DB-SE-AE.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

### 2. CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE

La nave a instalar va a contar con una serie de características que se muestran a continuación.

- Situación: Industria Papelera Reno de Medici de Almazán, Soria.
- Altitud: 950 m.
- Longitud de la nave: 15 m.
- Luz de la nave: 10 m.
- Altura de los pilares: 8 m.
- Altura de coronación: 9 m.
- Ángulo de vertiente:  $\alpha = 11,31^\circ$ , pendiente de 20%.
- Separación entre pilares: 5 m.
- Separación entre correas: 1,275 m.

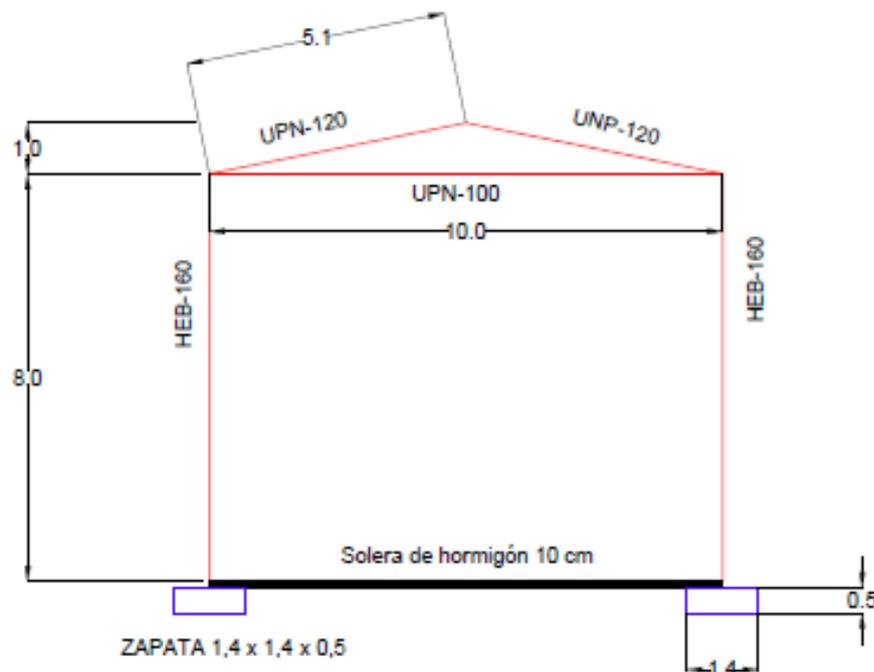


Figura 5.1: Sección de la nave



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

### 2.1. Cubierta

El material elegido para la construcción de la cubierta será panel sándwich ya que nos aporta ventajas como el aislamiento térmico, una rigidez adecuada y un acabado estético adecuado a la armonía del lugar.

Por lo que, el material de cubierta empleado se caracteriza porque está constituido por dos chapas de acero perfiladas y una lámina orgánica de 25 mm de poliestireno expandido de  $0,03 \text{ KN/m}^2$ , especialmente diseñada para cubiertas. Se instala el panel sándwich sobre las correas metálicas y se sujetará a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforan en la cresta de la greca.

El peso del material de cubierta considerado, teniendo en cuenta todos los elementos auxiliares de fijación, será de unos  $0,17 \text{ KN/m}^2$ .

### 2.2. Correas

En cuanto a las correas que vamos a emplear en este proyecto, van a ser tanto las correas como las vigas continuas de dos tramos de acero laminado del tipo IPN.

Sobre estas correas irá colocada la cubierta de la nave.

### 2.3. Cercha

La estructura completa de la nave va a ir diseñada con una estructura metálica, en concreto se empleará acero laminado del tipo S-275-JR, de acuerdo con la DB-SE-A, es decir, Acero del CTE.

Las características propias de este tipo de acero se recogen a continuación:



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

- Límite elástico,  $e = 275 \text{ N/mm}^2$ .
- Módulo de elasticidad,  $E = 210.000 \text{ N/mm}^2 = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kp/cm}^2$ .
- Módulo de rigidez,  $G = 81.000 \text{ N/mm}^2 = 8,1 \cdot 10^5 \text{ kp/cm}^2$ .

En cuanto a la estructura metálica de la nave contamos con cerchas metálicas de 10 m de luz que se encuentran separadas entre sí 5 m, y sobre las cuales se encuentran apoyadas las correas. Las cerchas transmiten los esfuerzos a los pilares en función de su apoyo.

### 2.4. Pilares

Para los pilares voy hacer uso de acero laminado S-275-JR, los cuales se encuentran separados 5m en el sentido longitudinal de la nave. Para su dimensionado usaremos perfiles laminados del tipo HEB.

Los pilares se encuentran empotrados en la cimentación, y la unión con las cerchas es del tipo isostática, es decir, empotrado-libre.

### 2.5. Cimentaciones

En las cimentaciones de la nave se hará uso del hormigón de acuerdo con la Instrucción de Hormigón Estructural, EHE, que será el HA-25/P/20/Ila, que se caracteriza por la resistencia a compresión ( $f_{ck}$ ) y su peso específico, siendo estos valores igual a  $25 \text{ N/mm}^2$  y  $2.500 \text{ kg/cm}^3$ , respectivamente.

Las cimentaciones están formadas por zapatas en la base de los pilares, unidas a ellas por medio de placas de asiento y pernos de anclaje. Estas zapatas dispondrán de una armadura con barras de acero corrugado del tipo B-500-S.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

### 2.6. Solera

La solera estará compuesta por una capa de hormigón de un espesor igual a 10 cm, e irá colocada sobre la cota superior de la zapata. Además para evitar problemas de humedad se colocará una capa de polietileno de 2 cm encima de una capa de zahorra de 40 cm de espesor. Así se evitará la infiltración de humedad al terreno.

### 2.7. Cerramientos

La nave va a disponer de cerramientos exteriores, para ello haremos uso de paneles prefabricados de hormigón de 12 cm de espesor.

Estos paneles prefabricados de hormigón se colocan anclados a los pilares, por lo que irán situados en la parte interna de la nave.

La nave no va a contar con cerramientos internos, por lo que se trata de una nave diáfana.

## 3. CUBIERTA

### 3.1. Consideración geométrica

En la cubierta de la nave vamos a emplear un material específico, concretamente, panel sándwich ya que está construido por dos chapas de acero perfiladas y una lámina orgánica de 25 mm de poliestireno expandido de  $0,03 \text{ KN/m}^2$ , diseñado especialmente para cubiertas.

La elección de este material se debe a una serie de ventajas que nos aporta como son el aislante térmico, una rigidez adecuada y un acabado estético.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

La instalación del panel sándwich se realiza sobre las correas metálicas y se sujetan a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforan en la cresta de la greca.

Aplicando el cálculo del peso de la cubierta y todos los elementos auxiliares de fijación, obtenemos un peso del material de cubierta de  $0,17 \text{ KN/m}^2$ .

### 3.2. Cálculo de las correas

#### 3.2.1. Cargas a soportar

La cubierta está sometida a una serie de cargas que debe soportar, por lo que en relación a la carga se calculará el número de correas a instalar.

Para ello existen una serie de condiciones que deben de cumplir:

- 1) Dispongo las correas con una separación de  $1,5 \text{ m/faldón}$ , por lo tanto tengo 4 correas/faldón. En relación la siguiente ecuación.

$$\cos \alpha = \frac{m \text{ luz}/2}{\text{faldon}}$$

Teniendo en cuenta que cuento con un ángulo  $\alpha$  igual a  $11,31$ ; y la nave tiene una luz de  $10 \text{ m}$ . Obtengo que el faldón tiene una longitud igual a  $5,1 \text{ m}$ .

- 2) Una vez obtenido la longitud del faldón, calculo el número de correas, siendo este valor igual a:

$$\frac{5,1 \text{ m faldón}}{1,5 \text{ m distancia}} = 3 \text{ espacios, es decir, 4 correas por faldón}$$



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Como la cubierta va a ser a dos aguas, es decir, necesitaremos dos faldones para su diseño, por lo tanto contamos con un número total de 8 correas.

### 3.2.2. Acciones a considerar

#### Cargas permanentes

Se cuenta con dos cargas permanentes, siendo una de ellas el peso propio de la correa y como segunda carga permanente tenemos el peso de la cubierta. Estas quedan definidas a continuación.

El peso propio de la correa tiene su propia carga permanente en función del material a emplear. Por lo tanto, al seleccionar un perfil IPN-140 el cual tiene una carga igual a 14,4 Kp/m, contamos por lo tanto con un valor de 0,144 KN/m.

El peso de la cubierta, también es una carga a tener en cuenta, teniendo en cuenta que contamos con un panel de tipo sándwich compuesto de 2 capas de acero perfiladas y una lámina orgánica de 25 mm de poliestireno expandido. Para el peso total de la cubierta se sumarán ambas dos composiciones, siendo este valor igual a la suma de 0,14 KN/m<sup>2</sup> de acero y 0,03 KN/m<sup>2</sup> de poliestireno más tornillería. Obteniendo como peso total de la cubierta un valor igual a 0,17 KN/m<sup>2</sup>.

#### Sobrecargas

A la hora de calcular las correas debo de tener en cuenta una serie de sobrecargas posibles a las que se pueden ver sometidas. Para ello tendremos en cuenta la sobrecarga de tres factores, el uso, la nieve y el viento, siguiendo con el CTE-DB-AE.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

➤ Sobrecarga de uso

Según la tabla recogida en el CTE-DB-AE, cubierta accesible únicamente para conservación y con una cubierta de inclinación inferior a 20° (G1), obtenemos un valor de igual a:

$$q_{uso} = 1 \text{ KN/m}^2$$

➤ Sobrecarga de nieve

La sobrecarga de nieve viene definida por la siguiente ecuación en función de la ubicación en la que se va a instalar.

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Teniendo en cuenta que  $\mu$ , es el coeficiente de forma de la cubierta, y por lo tanto tras consultar la tabla, obtenemos que para un valor de  $\alpha \leq 30^\circ$  el valor de  $\mu$  es igual a 1.  $S_k$ , es el valor de característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según la tabla consultada en el CTE-DB-AE, obtenemos que para la provincia de Soria el valor de  $S_k$  es igual a 0,9 KN/m<sup>2</sup>.

Por lo tanto, obtenemos un valor de sobrecarga por nieve igual a 0,9 KN/m<sup>2</sup>.

$$q_n = 1 \cdot 0,9 = 0,9 \text{ KN/m}^2$$

La acción de la nieve debe ir en relación con la inclinación de la nave, por lo que obtenemos el siguiente resultado.

$$q_n = 0,9 \cdot \cos 11,31 = 0,88 \text{ KN/m}^2$$



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

### ➤ Sobrecarga de viento

La sobrecarga de viento viene definida por la siguiente ecuación en función de la ubicación en la que se va a instalar.

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Donde  $q_b$ , es la presión dinámica del viento y cuyo valor es igual a 0,5 KN/m<sup>2</sup>;  $c_e$ , es el coeficiente de exposición y su valor es igual a 1,6;  $c_p$  es el coeficiente eólico o de presión, donde tenemos  $c_p$  (barlovento) igual a 0,2 y  $c_s$  (sotavento) igual a -0,3; eligiendo el valor positivo para los cálculos. Estos datos son obtenidos del CTE-DB-AE.

Obtenemos como resultado a la sobrecarga por viento un valor de  $q_e$  igual a 0,16 KN/m<sup>2</sup>.

A continuación quedan recogidos en la siguiente *tabla 5.1* las acciones totales de las correas.

*Tabla 5.1: Acciones totales de las correas*

| Tipo de acción | Clasificación       | Valor | Unidad            |
|----------------|---------------------|-------|-------------------|
| A.constante    | Peso de la cubierta | 0,17  | KN/m <sup>2</sup> |
|                | Peso de la correa   | 0,144 | KN/m              |
| Sobrecarga     | Uso                 | 1     | KN/m <sup>2</sup> |
|                | Nieve               | 0,88  | KN/m <sup>2</sup> |
|                | Viento              | 0,16  | KN/m <sup>2</sup> |

Estas cargas no tienen las mismas unidades, por lo que las pasamos a metros lineales y para ello debo de multiplicarlas por la separación que existe entre correas (1,275 m), obteniendo así los siguientes valores.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Tabla 5.2: Acciones lineales de las correas

| Tipo de acción | Clasificación       | Valor | Unidad |
|----------------|---------------------|-------|--------|
| A.constante    | Peso de la cubierta | 0,217 | KN/m   |
|                | Peso de la correa   | 0,144 | KN/m   |
| Sobrecarga     | Uso                 | 1,275 | KN/m   |
|                | Nieve               | 1,122 | KN/m   |
|                | Viento              | 0,204 | KN/m   |

Acciones desfavorables

Según el CTE, hay que tener en cuenta una serie de situaciones desfavorables que se recogen en el documento de Seguridad Estructural, es decir, el CTE-DB-SE. Donde se recogen una serie de hipótesis desfavorables a tener en cuenta.

Para este caso, voy a calcular la combinación de acciones a una situación persistente o transitoria, para ello hare uso de la siguiente expresión:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- La acción de USO:

$$\Sigma [(1,35 \cdot 0,217) + (1,35 \cdot 0,144)] + (1,5 \cdot 1,275 \text{ KN/m}) \\ + [(1,5 \cdot 1,122 \cdot 0,5) + (1,5 \cdot 0,204 \cdot 0,6)] = 3,42 \text{ KN/m}$$

- La acción de NIEVE:

$$\Sigma [(1,35 \cdot 0,217) + (1,35 \cdot 0,144)] + (1,5 \cdot 1,122 \text{ KN/m}) \\ + [(1,5 \cdot 1,275 \cdot 0) + (1,5 \cdot 0,204 \cdot 0,6)] = 2,35 \text{ KN/m}$$

- La acción de VIENTO:

$$\Sigma [(1,35 \cdot 0,217) + (1,35 \cdot 0,144)] + (1,5 \cdot 0,204 \text{ KN/m}) \\ + [(1,5 \cdot 1,275 \cdot 0) + (1,5 \cdot 1,122 \cdot 0,5)] = 1,63 \text{ KN/m}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

La combinación más desfavorable es el primer caso, la de USO, por lo que la considero la principal de las variables:

$$q \text{ ponderada} = q_p = 3,42 \text{ KN/m}$$

La carga que soporta la correa IPN-140 por metro lineal es la siguiente:

$$q_{px} = q_p \cdot \sin 11,31^\circ = 0,67 \text{ KN/m}$$

$$q_{py} = q_p \cdot \cos 11,31^\circ = 3,35 \text{ KN/m}$$

Considero la correa como una viga continua para así calcular los momentos de la siguiente manera:

$$M_x = k \cdot q_y \cdot l^2$$

$$M_y = k \cdot q_x \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

Siendo  $l$  la separación entre pórticos, cuyo valor es igual a 5m, y  $K$ , es una constante.

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot 3,35 \cdot 5^2 = 10,47 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot 0,67 \cdot \left(\frac{5}{2}\right)^2 = 0,52 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

### 3.2.3. Cálculo de la tensión máxima admisible

$$M_x = 10,47 \text{ KN} \cdot \text{m} = 10.470.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$M_y = 0,52 \text{ KN} \cdot \text{m} = 520.000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

La sección IPN-140, nos proporciona sus momentos plásticos que son los siguientes:



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$W_{pl,x} = 63,6 \text{ cm}^3 = 63.600 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 12,4 \text{ cm}^3 = 12.400 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{M_x}{W_{pl,x}} + \frac{M_y}{W_{pl,y}} \leq f_{y,d}$$

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 206,6 \text{ N/mm}^2 \leq 261,9 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{ADMISIBLE}$$

Se cumple la ecuación, es decir, obtengo un valor menor que la tensión máxima admisible del acero, por lo que empleo el perfil IPN-140 para las correas. Las propiedades de este perfil se encuentran recogidas en la *tabla 5.1.1* del final del presente anejo.

#### 3.2.4. Cálculo de la flecha máxima

Se calcula la flecha máxima para las correas consideradas vigas continuas mediante la siguiente ecuación.

$$flecha = \frac{1}{185} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I} \leq 2 \text{ cm}$$

Donde,  $q$  es el valor característico de la carga vertical (3,34 kN/m = 3,34 N/mm);  $L$ , es la distancia entre pórticos en mm (5000 mm);  $E$ , es el módulo de elasticidad del acero (210.000 N/mm<sup>2</sup>);  $I$ , se define mediante la siguiente ecuación en relación con la pendiente de la cubierta.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$I = I_x \cdot (\cos \alpha)^2 + I_y \cdot (\sin \alpha)^2$$

Siendo,  $I_{x-IPN.140} = 573 \text{ cm}^4$

$$I_{y-IPN.140} = 35,2 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = 11,31^\circ$$

Por lo que obtengo un valor de  $I = 552,32 \text{ cm}^4 \rightarrow 552,32 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Vuelvo a la ecuación anterior, donde sustituí los valores y obtengo:

$$flecha = 9,96 \text{ mm} \leq 2 \text{ cm} \rightarrow \text{ADMISIBLE}$$

Teniendo en cuenta el valor máximo de flecha es de 2 cm, y mi valor obtenido es igual a 0,996 cm, digo que la flecha es admisible.

### 3.3. Cálculo de cercha

La cercha que se va a emplear para este proyecto es la que se expone a continuación en forma de figura.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

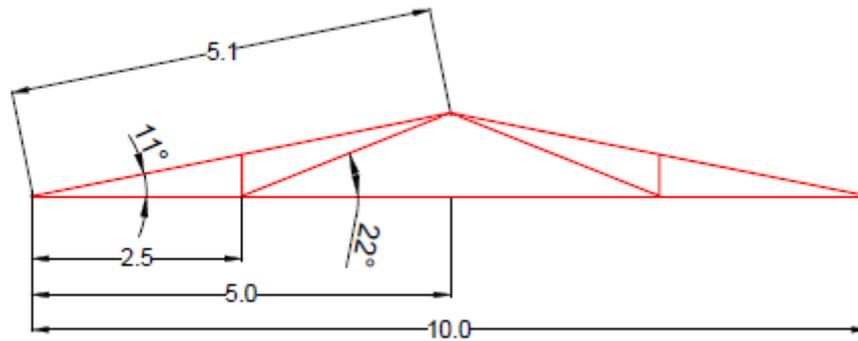


Figura 5.2: Sección cercha de la nave

### 3.3.1. Acciones consideradas para el cálculo

Para calcular las cerchas que soportan la cubierta, tengo en cuenta las acciones que actúan sobre ella.

Antes de realizar su cálculo debo de tener en cuenta una serie de condiciones que se deben de cumplir, estas se enumeran a continuación.

- 1- Dispongo una cercha cada 5 metros, por lo tanto, habrá 4 cerchas en la nave.  
(15 m longitud/ 5 metros = 3 espacios → 4 cerchas)
- 2- Estas cerchas son perfiles laminados continuos.
- 3- La calidad de acero es S-275-JR.

### Cargar permanentes

Se considera carga permanente al peso propio de la correa, en mi caso considerando que las correas centrales a utilizar son perfiles IPN-140 (8 correas en total), que tienen una carga igual a 0,144 KN/m.

Otra carga permanente a tener en cuenta, es el peso de la cubierta, en este caso empleamos una cubierta de panel tipo sándwich compuesto por 2 chapas de acero



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

perfiladas y una lámina orgánica de 25 mm de poliestireno expandido de 0,03 KN/m, que pesa 17 Kg/m<sup>2</sup>, es decir, 0,17 KN /m<sup>2</sup>.

### Sobrecargas de uso, nieve y viento

USO: 1 KN/m<sup>2</sup>

NIEVE: 0,88 KN/m<sup>2</sup>

VIENTO: 0,16 KN/m<sup>2</sup>

### 3.3.2. Cálculo de la cercha

La cercha será a dos aguas, con 10 m de luz y con una pendiente del 20 %, el centro tiene una altura de 1 m, es decir, el punto de coronación de la nave es de 9m. La distancia entre las cerchas es de 5m, teniendo en cuenta que la luz de la nave va a ser de 15m será necesario el empleo de 4 cerchas. La separación entre correas es de 1,7 m, con 8 correas en total.

Para el cálculo de la cercha realizo solamente las cargas que actúan en la mitad de una cercha, ya que cuento con una cercha simétrica.

### Acciones constantes

Peso de la cubierta →  $0,17 \text{ KN/m}^2 \cdot 10 \text{ m de luz} \cdot 5 \text{ m (dis. entre cerchas)} = 8,5 \text{ KN}$

Peso propio de la correa IPN-140 →  $0,144 \text{ KN/m} \cdot 8 \text{ correas} \cdot 5 \text{ m} = 5,76 \text{ KN}$

El valor total de la carga constante es la suma de las parciales, por lo que es igual a 14,26 KN.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Sobrecarga

$$\text{USO: } 1 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 50 \text{ KN}$$

$$\text{NIEVE: } 0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 44 \text{ KN}$$

$$\text{VIENTO: } 0,16 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 8 \text{ KN}$$

Según el documento CTE hay que calcular la combinación de hipótesis más desfavorables para mi caso, en concreto para una situación persistente o transitoria, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Como ya he calculado anteriormente, la acción más desfavorable es la de USO. Teniendo en cuenta que los coeficientes de ponderación y los coeficientes de simultaneidad son obtenidos de las tablas del CTE-DB-SE-AE.

Por lo que obtengo un valor igual a:

$$\begin{aligned} & \Sigma [(1,35 \cdot 14,26 \text{ KN}) + (1,5 \cdot 50 \text{ KN})] \\ & + [(1,5 \cdot 44 \text{ KN} \cdot 0,5) + (1,5 \cdot 8 \text{ KN} \cdot 0,6)] = 134,45 \text{ KN} \end{aligned}$$

La carga a soportar una cercha es igual a 134,45 KN / cercha.

Cálculo de las reacciones

La cercha cuenta con 3 nudos interiores y 2 nudos exteriores, teniendo en cuenta que los nudos interiores soportan la mitad de la carga que los interiores, es decir, dos nudos exteriores soportan la carga de un nudo interior.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

- Peso que soporta un nudo interior:

$$Peso = q \cdot \frac{(1cercha)}{(3 nudos internos + 1 nudo externo)}$$

$$Peso = 134,45 \frac{KN}{cercha} \cdot \frac{1 cercha}{(3 + 1)} = 33,61 KN$$

- Peso que soporta un nudo externo

$$Peso = 33,61 kN / 2 nudos externos = 16,80 KN$$

En mi caso como se trata de una cercha simétrica, con cargas simétricas, las reacciones serán iguales a ambos lados.

$$\Sigma F = 0$$

$$R_A = R_B = \frac{P}{2} + 3P + \frac{P}{2}$$

El peso que soporta media cercha es entonces igual 67,59 KN, siendo este valor el de las reacciones de apoyo que se ejerce en cada pilar.

### Método de Cremona

El método que voy a emplear para calcular los esfuerzos a que se ven sometidas todas y cada una de las barras.

Como ya he indicado anteriormente, los cálculos realizados a continuación se corresponden con la mitad de la cercha ya que se trata de una cercha simétrica.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

**EQUILIBRIO EXTERNO**

$$\Sigma F_H = 0$$

$$\Sigma F_V = 0 \rightarrow R_A + R_B = 3 P_{nudos\ internos} + 2 P_{nudos\ externos}$$

$$R_A + R_B = (33,61\text{ KN} * 3) + (16,80\text{ KN} * 2)$$

$$\Sigma M_A = 0 \rightarrow R_A d - P_1 d_1 - P_2 d_2 = 0$$

$$10R_B - (16,80 * 10) - (33,61 * 7,5) - (33,61 * 5) - (33,61 * 2,5) = 0$$

De donde obtengo,

$$R_B = 67,22\text{ KN} = R_A$$

**EQUILIBRIO EN LOS NUDOS**

**NUDO 1**

$$\Sigma F_X = 0 \rightarrow -F_{1X} \cos 11,31^\circ + F_2 = 0$$

$$\Sigma F_Y = 0 \rightarrow -67,22\text{ KN} + 16,80\text{ KN} + F_{1Y} \sin 11,31^\circ = 0$$

$$F_1 = 258,46\text{ KN COMPRESIÓN}$$

$$F_2 = 253,44\text{ KN TRACCIÓN}$$

**NUDO 2**

$$\Sigma F_X = 0 \rightarrow F_{1X} \cos 11,31^\circ - F_{4X} \cos 11,31^\circ = 0$$

$$\Sigma F_Y = 0 \rightarrow F_{4Y} \sin 11,31^\circ - F_{1Y} \sin 11,31^\circ + 33,61\text{ KN} + F_3 = 0$$

$$F_4 = 253,44\text{ KN COMPRESIÓN}$$

$$F_3 = 32,80\text{ KN COMPRESIÓN}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

CÁLCULO DEL ÁNGULO  $\beta$

$$\tan 11,31^\circ = \frac{X}{5} \quad \text{donde } x = 1,00 \text{ m}$$

$$\tan \beta = \tan^{-1}(1,00/2,5)$$

$$\beta = 21,8^\circ$$

**NUDO 3**

$$\Sigma F_X = 0 \rightarrow -F_{5X} \cos 21,8^\circ + F_6 - F_2 = 0$$

$$\Sigma F_Y = 0 \rightarrow F_{5Y} \sin 21,8^\circ + F_3 = 0$$

$$\mathbf{F_5 = 88,32 KN TRACCIÓN}$$

$$\mathbf{F_6 = 171,43 KN TRACCIÓN}$$

**NUDO 4: CUMBRERA**

$$\mathbf{F_4 = F_7 = 253,44 KN COMPRESIÓN}$$

$$\mathbf{F_5 = F_8 = 88,32 KN TRACCIÓN}$$

A continuación se muestran recogidas en la siguiente *tabla 5.3* los esfuerzos que soportan las barras y la acción que realizan.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Tabla 5.3: Esfuerzos que soportan las barras

| Nº BARRA | KN     | ACCIÓN<br>(Compresión/ Tracción) |
|----------|--------|----------------------------------|
| 1        | 258,46 | C                                |
| 2        | 253,44 | T                                |
| 3        | 32,80  | C                                |
| 4        | 253,44 | C                                |
| 5        | 88,32  | T                                |
| 6        | 171,43 | T                                |
| 7        | 253,44 | C                                |
| 8        | 88,32  | T                                |

Observando los datos nos damos cuenta de que el cordón inferior trabaja a *Tracción*, y el cordón superior a *Compresión*, por lo tanto deduzco que los datos son correctos. A continuación quedan recogidas todas las barras en forma de figura.

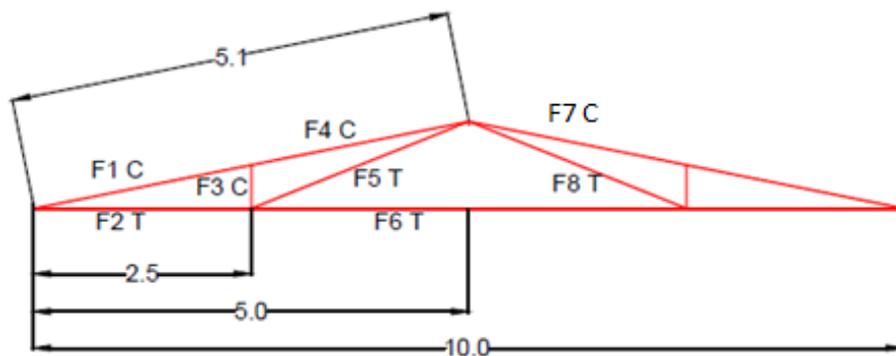


Figura 5.3: Cercha de la nave y barras



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

3.3.3. Diseño de la cercha

Diseño del cordón superior

El cordón superior trabaja a compresión, como he calculado anteriormente.

Teniendo en cuenta que la barra más desfavorable es la barra 1 con una carga igual a 258,46 KN a compresión, empleo un UPN-120 cuyas propiedades se recogen en la *tabla 5.1.2* del final del presente anejo. Para verificar el acierto de la elección hago las comprobaciones correspondientes a continuación.

$$N_{ed} \leq N_{c,Rd} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N_{c, Rd} \leq N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} \quad \text{Resistencia de sección } (\gamma_{M0} = 1,05) \\ N_{c, Rd} \leq N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd} \quad \text{Resistencia de barras } (\gamma_{M1} = 1,1) \end{array} \right.$$

a) Resistencia de la sección

$$N_{c, Rd} \leq N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Donde  $N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} = A \cdot (f_y / \gamma_{M0}) = 1.700 \text{ mm}^2 \cdot (275 \text{ N/mm}^2 / 1,05) = 445,238 \text{ KN}$

$$N_{c, Rd} \leq N_{pl, Rd} \rightarrow 258,46 \text{ KN} \leq 445,238 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

b) Resistencia de Barras: Pandeo

$$N_{c, Rd} \leq N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Donde la Longitud de Pandeo  $\rightarrow L_K = \beta \cdot L$

Siendo la longitud de la barra (L)  $\rightarrow \cos 11,31 (2,5/L) \rightarrow L = 2,55 \text{ m}$

$\beta =$  biarticulada, (según la tabla 6.6. del CTE-SE)  $=1$

Por lo tanto,  $L_k = 2,55 \text{ m}$

La constante crítica de Euler se define de la siguiente manera.

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{2550 \text{ mm}}\right)^2 \cdot 210000 \text{ N/mm}^2 \cdot (364 \cdot 10^4 \text{ mm}^4) = 1.160.219 \text{ N}$$

Esbeltez reducida:

$$\lambda = \sqrt{\left(A \cdot \frac{f_y}{N_{cr}}\right)} = \sqrt{\left(1700 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,16 \cdot 10^6 \text{ N}}\right)} = 0,63$$

La curva de pandeo para un perfil "U" es la **curva C** de la 6.2 del CTE-SE.

Una vez obtenido estos datos, tanto la esbeltez reducida y la curva de pandeo, interpolo los resultados con la tabla correspondiente obteniendo un valor igual a

$\lambda = 0,769$ .

$$N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd} = 0,769 \cdot 1700 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,1} = 326,83 \text{ KN}$$

$$N_{ed} \leq N_{b, Rd} \rightarrow 258,46 \leq 326,83 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

El perfil seleccionado, UPN-140 cumple las dos condiciones exigidas, la resistencia a la sección y la resistencia de barras.

#### Diseño del cordón inferior

El cordón inferior, como he calculado anteriormente, se encuentra sometido a tracción.

La barra que tiene mayor tracción es la número 2, con un valor igual 253,44 KN. Por lo que me decanto por el empleo de un perfil UPN-100 cuyas propiedades se encuentran recogidas en la *tabla 5.1.2* del final del presente anejo.

Teniendo que cumplir con las siguientes condiciones:

$$N_{ed} \leq N_{t, Rd} \leq N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Contando con una resistencia a sección y de barra  $\rightarrow (\gamma_{M0}) = 1,05$

$$N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} = 1350 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,05} = 353,57 \text{ KN}$$

$$N_{ed} \leq N_{pl, Rd} \rightarrow 279,68 \leq 353,57 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

#### Diseño de montantes y diagonales

Para el diseño de los montantes y diagonales tengo en cuenta las barras de mayor módulo que trabajan a compresión, ya que me encuentro con que unas trabajan a compresión y otras a tracción. Siendo la barra 3, con un valor igual a 32,80 KN a compresión.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Elegimos un perfil L.60.5, cuyas propiedades se encuentran recogidas en la *tabla 5.1.4* del final del presente anejo.

Para verificar el acierto de la elección hacemos las comprobaciones correspondientes a continuación.

$$N_{Ed} \leq N_{c,Rd} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N_{c, Rd} \leq N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} \quad \text{Resistencia de sección } (\gamma_{MO} = 1,05) \\ N_{c, Rd} \leq N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd} \quad \text{Resistencia de barras } (\gamma_{M1} = 1,1) \end{array} \right.$$

a) Resistencia de la sección

$$N_{c, Rd} \leq N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd}$$

Donde 
$$N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} = A \cdot (f_y / \gamma_{MO}) = 582 \text{ mm}^2 \cdot (275 \text{ N/mm}^2 / 1,05) = 152,42 \text{ KN}$$

$$N_{Ed} \leq N_{pl, Rd} \rightarrow 54,89 \text{ KN} \leq 152,42 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

b) Resistencia de Barras: Pandeo

$$N_{c, Rd} \leq N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Donde la Longitud de Pandeo  $\rightarrow L_K = \beta \cdot L$

Siendo la longitud de la barra (L)  $\rightarrow \text{tg } 11,31 (L/2,5) \rightarrow L = 0,50 \text{ m}$

$\beta =$  biarticulada, (según la tabla 6.6. del CTE-SE)  $= 1$

Por lo tanto,  $L_k = 0,50 \text{ m}; 500 \text{ mm}$

La constante crítica de Euler se define de la siguiente manera.

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_K}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{500 \text{ mm}}\right)^2 \cdot 210000 \text{ N/mm}^2 \cdot (19,40 \cdot 10^4 \text{ mm}^4) = 1.608,35 \text{ KN}$$

Esbeltez reducida:

$$\lambda = \sqrt{\left(A \cdot \frac{f_y}{N_{cr}}\right)} = \sqrt{\left(582 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1.608,35 \cdot 10^3 \text{ N}}\right)} = 0,32$$

La curva de pandeo para un perfil "L", sea cual sea el eje y el acero, es la **curva B** de la 6.2 del CTE-SE.

Una vez obtenido estos datos, tanto la esbeltez reducida y la curva de pandeo, interpolamos los resultados con la tabla correspondiente obteniendo un valor igual a  $\lambda = 0,954$ .

$$N_{b, Rd} = X \cdot A \cdot f_{yd} = 0,954 \cdot 582 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,1} = 138,81 \text{ KN}$$

$$N_{ed} \leq N_{b, Rd} \rightarrow 32,80 \leq 138,81 \text{ KN} \rightarrow \text{CUMPLE}$$



## 4. PILARES

### 4.1. Cálculo de pilares

Para el cálculo de la estructura del pilar debo considerar la carga del viento, la reacción de apoyo de la cercha, y su propio peso.

Realizo el cálculo para un HEB-160, el cual presenta las siguientes características:

- Peso = 42,6 Kg/m  $\rightarrow$  0,426 N/m
- $W_{Z \text{ elasticidad}} = 111,2 \text{ cm}^3$
- $W_{Y \text{ elasticidad}} = 311,5 \text{ cm}^3$
- $A = 54,3 \text{ cm}^2$

#### Acciones

##### 1. Carga del viento

Para conocer la sobrecarga de viento empleo la ecuación anteriormente empleada que es la siguiente:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo  $q_b = 0,5 \text{ KN/m}^2$ ;  $c_e = 1,6$ ;  $c_p = 0,4$  (barlovento).

Donde el valor de  $q_e$  es igual  $0,320 \text{ KN/m}^2$ .

Teniendo en cuenta que los pilares van a tener una separación de 5 m, obtengo la siguiente carga lineal:

$$P = 0,32 \text{ KN/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 1,6 \text{ KN/m}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

El valor obtenido deberá ser mayorado, por lo que el valor obtenido lo multiplico por un coeficiente de seguridad igual a 1,5.

Obtengo una carga igual a:

$$q_{\text{viento}} = 1,6 \cdot 1,5 = 2,4 \text{ KN/m}$$

2. Reacción de apoyo de la estructura de cubierta

Corresponde al peso de la cercha, en concreto al peso medio, ya que realizo los cálculos para la mitad de la cubierta por ser simétrica.

$$R_A = 67,22 \text{ KN}$$

3. Peso propio de la cercha

Se ha considerado para las longitudes de los perfiles la mitad de la cercha, por ser la que corresponde que soporta cada pilar.

Tabla 5.4: Peso a soportar

|              |                     |                            |
|--------------|---------------------|----------------------------|
| UPN-120      | 13,40 kg/m · 5, 1 m | 68,34 kg                   |
| L.60.5       | 5,42 kg/m · 3,19 m  | 17,29 kg                   |
| UPN-100      | 10,60 kg/m · 5m     | 53 kg                      |
| <b>TOTAL</b> |                     | <b>138,63 Kg → 1,39 KN</b> |

Al resultado obtenido le debo mayorar, por un coeficiente de seguridad igual a 1,35, por lo que obtengo un valor igual a:



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$P_{cercha} = 1,39 \cdot 1,35 = 1,88 \text{ KN}$$

$$P_{TOTAL\ cercha}(P_C) = P_{propio} + P_1 = 67,22 \text{ KN} + 1,88 \text{ KN} = 69,10 \text{ KN}$$

Equilibrio externo del pilar (empotrado-libre) → reacciones en apoyo empotrado

$$\Sigma F_X = 0$$

$$q_{viento} \cdot L - H_A = 0$$

$$H_A = 2,40 \cdot 8 = 19,2 \text{ KN}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R_A - (P_{TOTAL\ cercha} + P_{pilar} \cdot L) = 0$$

$$R_A = 69,10 \text{ KN} + (0,426 \text{ KN/m} \cdot 8 \text{ m}) = 72,51 \text{ KN}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M_A = q_{viento} \cdot L \cdot (L/2)$$

$$M_A = 2,40 \text{ KN/m} \cdot 8 \text{ m} \cdot (8/2) \text{ m} = 76,8 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Equilibrio interno del pilar (esfuerzos en una sección)

El punto adecuado según la norma para estudiar el pilar va a ser a 0,3L del empotramiento, por lo tanto, voy a estudiar el comportamiento de un pilar HEB-160.

$$N_1 + P_C + P_{Pilar} \cdot 0,70 \cdot L = 0$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$N_1 = -(P_C + P_{Pilar} \cdot 0,70 \cdot L)$$

El signo negativo indica que el sentido de N es el contrario, es decir, el pilar trabaja a compresión, por lo que obtengo un valor igual a:

$$N_1 = 69,10 + (0,426 \cdot 0,70 \cdot 8) = 71,49KN \text{ a compresión}$$

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$V_1 = q \cdot 0,7 \cdot L$$

$$V_1 = 2,4 \cdot 0,7 \cdot 8 = 13,44 KN$$

$$\Sigma M_{A1} = 0$$

$$M_{A1} = -q \cdot (0,7 \cdot L) \cdot (0,7 L/2)$$

$$M_{A1} = -2,4 \cdot (0,7 \cdot 8) \cdot (0,7 \cdot 8/2) = -37,63KN \cdot m \text{ en sentido contrario}$$

### Comprobación de la resistencia

El pilar y el cortante están sometidos a esfuerzos de compresión y flexión, por lo tanto compruebo si el perfil HEB-160 cumple con las condiciones exigidas para este caso en concreto.

Teniendo en cuenta que el perfil HEB-160 presenta unas propiedades características que se recogen en la *tabla 5.1.3* del final del presente anejo.

En este caso como el cortante del cálculo no supera la mitad de la resistencia de cálculo de la sección se empleará la siguiente fórmula.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$\text{Si, } \frac{V_{ed}}{V_{pl}} < 0,5 \quad \rightarrow \quad \frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

$$\begin{aligned} V_{pl} &= A_v \cdot \left( \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \right) = A_v \cdot \left( \frac{f_y / \gamma_{MO}}{\sqrt{3}} \right) = 1.764 \text{ mm}^2 \cdot \left( \frac{275 \text{ N/mm}^2 / 1,05}{\sqrt{3}} \right) \\ &= 266,74 \text{ KN} \end{aligned}$$

Siendo  $A_v$ , igual a:

$$\begin{aligned} A_v &= A - (2 \cdot b \cdot t_f) + [(t_w + 2r) \cdot t_f] = \\ &= 5.430 \text{ mm}^2 - (2 \cdot 160 \cdot 13 \text{ mm}) + [(8 + 2 \cdot 15 \text{ mm}) \cdot 13 \text{ mm}] = \\ &= 1.764 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Obteniendo, } \frac{V_{ed}}{V_{pl}} = \frac{13,44}{266,74} = 0,05 < 0,5$$

No es necesario tenerlo en cuenta, por lo que aplico directamente la fórmula anterior.

El momento flector que soporta es entorno al eje "y", y por estar el muro en otro eje y no haber viento, salvo en las esquinas.

$$\frac{N_{ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,ed}}{M_{pl,Rdy}} \leq 1$$

$$N_{pl, Rd} = A \cdot f_{yd} = A \cdot (f_y / \gamma_{MO}) = 5.430 \text{ mm}^2 \cdot (275 \text{ N/mm}^2 / 1,05) = 1.422 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned} M_{pl,Rdy} &= W_{pl,y} \cdot (f_y / \gamma_{MO}) = 354.000 \text{ mm}^3 \cdot (275 \text{ N/mm}^2 / 1,05) \\ &= 92.714 \text{ KN} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$\frac{71,97 \text{ KN}}{1.422 \text{ KN}} + \frac{37,63 \text{ KN} \cdot \text{m} \cdot (1000 \text{ mm}/1\text{m})}{92.714 \text{ KN} \cdot \text{m}} \leq 1$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$0,46 \leq 1 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Entonces, el perfil HEB-160 aprovecha el 46 % de la resistencia del perfil frente a compresión y flexión.

Ahora, tengo que comprobar la resistencia de las barras, para elementos comprimidos y flectados según la siguiente fórmula que tiene en cuenta el pandeo por compresión y pandeo lateral.

La comprobación se llevará a cabo con las fórmulas siguientes:

En toda la pieza:

$$\frac{N_{ed}}{X_y \cdot A' \cdot f_{yd}} + \left[ k_y \cdot \frac{(C_{m,y} \cdot M_{y,ed}) + (e_{n,y} \cdot N_{ed})}{X_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} \right] + \left[ \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{(C_{m,z} \cdot M_{z,ed}) + (e_{n,z} \cdot N_{ed})}{W_z \cdot f_{yd}} \right] \leq 1$$

El momento  $M_{z,ed}$  es nulo, por lo que la expresión anterior queda simplificada de la siguiente manera:

$$\frac{N_{ed}}{X_y \cdot A' \cdot f_{yd}} + \left[ k_y \cdot \frac{(C_{m,y} \cdot M_{y,ed}) + (e_{n,y} \cdot N_{ed})}{X_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} \right] \leq 1$$

Al ser un perfil de Clase 1  $\rightarrow W_y = W_{pl,y}$

$$A' = A$$

$$\alpha_y = 0,6$$

$$e_{n,y} = 0$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Resistencia de la barra: Pandeo

Longitud de Pandeo  $\rightarrow L_K = \beta \cdot L$

Siendo la longitud de la barra (L)  $\rightarrow L = 8 \text{ m} = 8.000 \text{ mm}$

$\beta =$  biarticulada, (según la tabla 6.6. del CTE-SE)  $= 1$

Por lo tanto,  $L_k = 8.000 \text{ mm}$

La constante crítica de Euler se define de la siguiente manera.

$$N_{cr} = \left( \frac{\pi}{L_K} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

$$N_{cr} = \left( \frac{\pi}{8000 \text{ mm}} \right)^2 \cdot 210000 \text{ N/mm}^2 \cdot (2492 \cdot 10^4 \text{ mm}^4) = 807,03 \text{ KN}$$

Esbeltez reducida:

$$\lambda = \sqrt{\left( A \cdot \frac{f_y}{N_{cr}} \right)} = \sqrt{\left( 5430 \text{ mm}^2 \cdot \frac{275 \text{ N/mm}^2}{807,03 \cdot 10^3 \text{ N}} \right)} = 1,36$$

Se determina la curva de pandeo que le corresponde al perfil HEB-160 alrededor del eje y-y.

$$\frac{h}{b} = \frac{160}{160} = 1$$

La curva de pandeo "b"  $\rightarrow \alpha = 0,34$

Como el valor de la esbeltez reducida y la curva de pandeo:  $\lambda = 1,36$ , y la **curva b**, en la 6.3 del CTE-SE obtengo el valor de coeficiente de pandeo ( $X_y$ ) interpolando.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

De forma que obtenemos un valor de  $X_y = 0,4$

Teniendo en cuenta que existe un pandeo entorno al eje "y", tomo los valores  $W_y$ ,  $I_y$ ,  $i_y$ , para realizar los cálculos. El coeficiente  $K_y$ , se obtiene de la 5.6 del CTE- SE, de coeficientes de interacción.

$$K_y = 1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{ed}}{X_y \cdot N_{c,Rd}}$$

Siendo  $N_{ed}$  igual a 73,05 KN; y  $N_{c,Rd} = N_{pl,Rd}$ , por lo que es igual a 1.422 KN

Por lo que, sustituimos y resolvemos la ecuación:

$$K_y = 1 + (1,36 - 0,2) \cdot \frac{71970 N}{0,4 \cdot 1422.000N} = 1,15$$

- Cálculo de  $X_{LT} \rightarrow$  es función de  $\lambda_{LT}$  y de la curva de pandeo

Esbeltez relativa (LT)

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_Y \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_Z} \cdot \left[ \left( \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{K} \cdot (1 + C_2^2)} \right) \pm C_2 \cdot \frac{\pi}{K} \right]$$

Siendo,

$$K = L_K \cdot \sqrt{\frac{I_T}{2,63 \cdot I_a}} = 16.000mm \cdot \sqrt{\frac{313.000mm^4}{2,63 \cdot 93887 \cdot 10^6mm^6}} = 18,01$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Voy a la tabla correspondiente y tomo los valores necesarios, considerando en este caso empotrado-libre, soportando una carga uniformemente repartido (viento), que es el que provoca el momento y por tanto el pandeo lateral.

Como los apoyos son horquillados  $\rightarrow K_0=1$  ( $K_\phi=2$ )  $\rightarrow C_1 = 2,05$

$C_2= 0$ , ya que he considerado

que la carga se aplica al baricentro.

Por lo tanto, obtengo un valor igual a:

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} \cdot \left[ \left( \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{K}} \right) \right]$$

$$M_{cr} = 2,05 \cdot \frac{\pi}{16.000} \sqrt{80.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 31,3 \cdot 10^4 \text{ mm}^4 \cdot 210.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 889 \cdot 10^4 \text{ mm}^4} \cdot \left[ \left( \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{18,01}} \right) \right]$$

$$M_{cr} = 107,81 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Por lo tanto, ahora resolvemos la esbeltez relativa

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_Y \cdot f_y}{M_{cr}}}$$
$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{35,4 \cdot 10^4 \cdot 275 \text{ N/mm}^2}{107,81 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}}} = 0,95$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

La curva de pandeo “a” teniendo en cuenta:

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{b} = \frac{160}{180} = 1 \leq 2 \\ \text{Perfil laminado doble T} \end{aligned} \right\}$$

Obtenemos un valor de  $\alpha = 0,21$

Una vez obtenido la esbeltez reducida ( $\lambda_{LT}$ ) y la curva de pandeo ( $\alpha$ ) obtengo un valor de  $X_{LT}=0,7$ .

Ahora necesito calcular el valor de  $C_{m,y}$ , para ello hago uso del diagrama de momentos flectores es triangular, por lo que  $\Psi = 0$ .

$$\Sigma M_{sección} = 0$$

$$C_{m,y} = 0,6 + 0,4\Psi \geq 0,4 \rightarrow C_{m,y} = 0,6$$

Comprobación

$$\frac{N_{ed}}{X_y \cdot A' \cdot f_{yd}} + \left[ k_y \cdot \frac{(C_{m,y} \cdot M_{y,ed}) + (e_{n,y} \cdot N_{ed})}{X_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} \right] \leq 1$$

Siendo:

mm

$$A = 5.430 \text{ mm}^2$$

$$\alpha_z = 0,6$$

$$W_{pl,z} = 170 \text{ cm}^3 = 170.000 \text{ mm}^3$$

$$e_{N,y} = 0$$

$$W_{pl,y} = 354 \text{ cm}^3 = 354.000 \text{ mm}^3$$

$$e_{N,x} = 0$$

$$\alpha_y = 0,6$$

$$X_y = 0,4$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$X_{LT} = 0,7$$

$$C_{m,y} = 0,6$$

$$K_y = 1,15$$

$$N_{ed} = 71,97 \text{ KN} \cdot \text{m} = 71.970 \text{ N}$$

$$K_z = 0$$

$$M_{ed} = 37,63 \text{ KN} \cdot \text{m} = 37,63 \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Una vez sustituidos los valores en la ecuación. Verifico que CUMPLE el perfil HEB-160, para las exigencias de este proyecto.

$$\frac{71970 \text{ N}}{0,4 \cdot 5430 \text{ mm}^2 \cdot (275/1,05)} + \left[ 1,15 \cdot \frac{(0,95 \cdot 37,63 \cdot 10^6) + (0)}{0,7 \cdot 354000} \right] \leq \frac{275 \text{ N/mm}^2}{1,1}$$

$$166,02 \text{ N/mm}^2 \leq 250 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{CUMPLE el perfil HEB-160}$$

## 5. CIMENTACIÓN

### 5.1. Dimensionado de la zapata

#### Acciones constantes

$$\text{Peso de la cubierta} \rightarrow 0,17 \text{ KN/m}^2 \cdot 10 \text{ m de luz} \cdot 5 \text{ m (dis. entre correas)} = 8,5 \text{ KN}$$

$$\text{Peso propio de la correa IPN-140} \rightarrow 0,144 \text{ KN/m} \cdot 8 \text{ correas} \cdot 5 \text{ m} = 5,76 \text{ KN}$$

El valor total de la carga constante es la suma de las parciales, por lo que es igual a  $P_1 = 14,26 \text{ KN}$ .



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Sobrecarga

$$\text{USO: } 1 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 50 \text{ KN}$$

$$\text{NIEVE: } 0,88 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 44 \text{ KN}$$

$$\text{VIENTO: } 0,16 \text{ KN/m}^2 \cdot 10\text{m} \cdot 5\text{m} = 8 \text{ KN}$$

$$P_2 = 50 + 44 + 8 = 102 \text{ KN}$$

El valor total de las sobrecargas es la suma de las parciales, por lo que es igual a 116,26KN.

Entonces, el total de las cargas características (sin mayorar) que soporta 1 cercha central es igual a la suma de las anteriores, obteniendo un valor igual a 116,26 KN.

La reacción de la cubierta sin mayorar es igual a  $R_A = R_B = 116,26 / 2 = 58,13 \text{ KN}$

A) Peso propio de media cercha (sin mayorar)

$$\text{Total} = 7,15 \text{ KN}$$

B) Peso propio del pilar

$$\text{Perfil HEB 160} \rightarrow 42,6 \text{ kg/m} \cdot 10 \text{ m} = 426 \text{ kg} \rightarrow 4,26 \text{ KN}$$

Cargas totales que actúan en la cimentación

$P = \text{reacción estructura} + \text{peso cercha} + \text{peso pilar}$

$$P = 116,16 + 7,15 + 4,26 = 127,57 \text{ KN}$$

$$q = 0,88 \text{ KN/m}$$

Equilibrio externo ( $N_0, Q_0, M_0$ )

$$N = P$$

$$N_0 = 127,57 \text{ KN}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$Q = q \cdot L = 0,88 \text{ KN} \cdot \text{m} \cdot 8\text{m}$$

$$Q_0 = 7,04 \text{ KN}$$

$$M = q \cdot L \cdot (L/2) = 0,88 \cdot 8 \cdot (8/2)$$

$$M_0 = 28,16 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Supongo unas dimensiones de zapara de 1,4 x 1,4 x 0,5 m (a x b x h).

LEY DE PRESIONES TRAPEZIAL, actuando sobre la base de la zapata, siendo esta igual a:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{M_0 + Q_0 \cdot h}{N_0 + P_{zapata}}$$

Acciones en la base de la cimentación

$$\gamma = \text{peso específico del hormigón} = 2,5 \text{ tn/m}^3 = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$N = N_0 + P_{zapata} = 127,57 + (1,4 \times 1,4 \times 0,5) \cdot 25 \text{ KN/m}^3 = 152,07 \text{ KN}$$

$$M = M_0 + Q_0 \cdot h = 28,16 + (7,04 \cdot 0,5) = 31,68 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$Q = Q_0 = 7,04 \text{ KN}$$

$$e = M/N \rightarrow e = 31,68 \text{ KN} \cdot \text{m} / 152,07 \text{ KN} = 0,2$$

}  $e \leq L/6 \rightarrow$  Distribución de tensiones

$L/6 = 1,4 / 6 = 0,23 \text{ m}$  Trapezoidal



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

**A) Comprobación de la seguridad de hundimiento**

La distribución de tensiones bajo una zapata no es uniforme ni igual según la rigidez de la zapata, y la naturaleza del suelo. Por lo que, en la práctica se adoptan distribuciones uniformes o lineales. Quedando representado mediante la siguiente ecuación.

Se debe cumplir que la tensión máxima que soporta la zapata sea menor a  $1,25\sigma_{\text{admisible}}$  y que la tensión media sea menor a  $\sigma_{\text{admisible}}$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{máxima}} &\leq 1,25 \times \sigma_{\text{admisible}} \\ \sigma_{\text{media}} &\leq \sigma_{\text{admisible}} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{admisible}} = 2 \text{ kg/cm}^2 = 0,20 \text{ N/mm}^2 = 200 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{N}{a \cdot b} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{a} \right) \leq 1,25 \cdot \sigma_{\text{adm}}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{152,07 \text{ KN}}{1,4\text{m} \cdot 1,4\text{m}} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot 0,21}{1,4\text{m}} \right) = 147,41 \text{ KN/m}^2$$

$$1,25 \cdot \sigma_{\text{adm}} = 1,25 \cdot 200 \text{ KN/m}^2 = 250 \text{ KN/m}^2$$

$147,41 \text{ KN/m}^2 \leq 250 \text{ KN/m}^2 \rightarrow$  CUMPLE

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{N}{a \cdot b} \cdot \left( 1 - \frac{6 \cdot e}{a} \right)$$

$$\sigma_{\text{min}} = \frac{152,07 \text{ KN}}{1,4\text{m} \cdot 1,4\text{m}} \cdot \left( 1 - \frac{6 \cdot 0,21}{1,4\text{m}} \right) = 7,76 \text{ KN/m}^2$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$\sigma_{media} \leq \sigma_{admisible}$$

$$\sigma_{media} = \sigma_{maxima} + \sigma_{minima} = 147,41 + 7,76 / 2 = 77,60 \text{ KN /m}^2$$

$$\sigma_{admisible} \leq 200 \text{ KN/m}^2 \quad 77,60 \text{ KN} \leq 200 \text{ KN/m}^2$$

→ CUMPLE

Cumple que la zapata de dimensiones 1,4 x 1,4 x 0,5 m → No se hunde

**B) Comprobar que la Zapata es rígida en la dirección de a y b (a=b=1,4)**

$$1,4 - 0,2 / 2 \leq 2 \cdot h (0,5)$$

$$0,6 \leq 1$$

Si lo cumple → la zapata es rígida.

**C) Comprobación de seguridad al vuelco**

Para que no vuelque se debe de cumplir:

$$C_{sv} = \frac{(152,07 \text{ KN} \cdot (1,4\text{m}/2))}{31,68 \text{ KN} \cdot \text{m}} = 3,36$$

3,36 ≥ 1,5 → CUMPLE y no vuelca

**D) Comprobación de seguridad al deslizamiento**

Para que no deslice se debe cumplir:

$$C_{sv} = \frac{N \cdot \text{tg}(\delta)}{Q} = \frac{N \cdot \text{tg}\left(\frac{2}{3}\varphi\right)}{Q} \geq 1,5 ; \text{ siendo, Coeficiente de seguridad al deslizamiento}$$



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$\delta = 2/3 \phi = 2/3 \cdot 30 = 20^\circ$$

$$C_{sv} = 152,07 \text{ KN} \cdot \text{tg}(20) / 7,04 \text{ KN} = 7,86 \geq 1,5 \rightarrow \text{CUMPLE y no desliza}$$

Cumple todas las condiciones de seguridad por lo que puedo decir que las dimensiones elegidas para la zapata son correctas.

## 6. CÁLCULO DE LA ARMADURA

Para el cálculo de la armadura necesaria en la zapata se utilizan las cargas mayoradas.

Para el armado de la zapata se utilizarán barras de acero B-500S.

Con aire y sin nieve

$$N_0 = 127,57 \text{ KN}$$

$$M_0 = 28,18 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$Q_0 = 7,04 \text{ KN}$$

Mayorar

$$N_d = N_0 \cdot 1,4 = 127,57 \cdot 1,4 = 178,60 \text{ KN}$$

$$M_d = M_0 \cdot 1,4 = 28,16 \cdot 1,4 = 39,42 \text{ KN}\cdot\text{m}$$

$$E = M_d / N_d = 39,42 \text{ KN}\cdot\text{m} / 178,60 \text{ KN} = 0,22 \text{ m}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

**Cálculo de tensiones**

$$\sigma_{d \max} = \frac{N_d}{a \cdot b} + \frac{6 \cdot N_d \cdot e}{a^2 \cdot b}$$

$$\sigma_{d \max} = \frac{178,60}{1,4 \cdot 1,4} + \frac{6 \cdot 178,60 \cdot 0,22}{(1,4^2 \cdot 1,4)} = 176,14 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{d \min} = \frac{N_d}{a \cdot b} - \frac{6 \cdot N_d \cdot e}{a^2 \cdot b}$$

$$\sigma_{d \min} = \frac{178,60}{1,4 \cdot 1,4} - \frac{6 \cdot 178,60 \cdot 0,22}{(1,4^2 \cdot 1,4)} = 6,10 \text{ KN/m}^2$$

$$\sigma_{d \text{ med}} = \frac{(176,14 \text{ KN/m}^2 + 6,10 \text{ KN/m}^2)}{2} = 91,12 \text{ KN/m}^2$$

**Valores de  $R_{1d}$**

$$R_{1d} = \frac{\sigma_{d \max} + \sigma_{d \text{ med}}}{2} \cdot \frac{a}{2} \cdot b$$

$$R_{1d} = \frac{176,14 \text{ KN/m}^2 + 91,12 \text{ KN/m}^2}{2} \cdot \frac{1,4}{2} \cdot 1,4 = 130,96 \text{ KN}$$

La resultante de las tensiones es de 130,96 KN en el terreno de la mitad del diagrama de tensiones en la zona de máxima tensión (aplicada en  $X_1$ ).



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

**Punto de aplicación de  $R_{1d}$**

$X_1$ = distancia entre el punto de aplicación de  $R_{1d}$  y el centro de gravedad de la zapata.

$$X_1 = \frac{a}{2} - \left[ \frac{a/2}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot (\sigma_{dmed} + \sigma_{dmax})}{\sigma_{dmed} + \sigma_{dmax}} \right) \right]$$

$$X_1 = \frac{1,4}{2} - \left[ \frac{1,4/2}{3} \cdot \left( \frac{2 \cdot (91,12 + 176,14)}{91,12 + 176,14} \right) \right] = 0,39$$

**Valor de  $T_d$**

$$T_d = \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (X_1 - 0,25 \cdot a_1)$$

Siendo,

$d$ = canto útil de la zapata desde el centro de la armadura hasta el borde superior.

$a$ = anchura del pilar (HEB 160) = 0,16 metros.

$A_s$ =área de armadura a colocar de acero S-275-JR

Suponemos un recubrimiento mecánico  $d' = 5\text{cm}$  -----  $\rightarrow d$ = canto

Útil =  $h - d' = 50\text{cm} - 5\text{cm} = 45\text{cm} = 0,45\text{m}$ .

$$T_d = \frac{130,96}{0,85 \cdot 0,45} \cdot (0,39 - 0,25 \cdot 0,16) = 119,83 \text{ KN}$$

$$T_d = A_s \cdot f_{yd}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$A_s = \frac{T_d}{f_{yd}} = \frac{119,83 \cdot 10^3 N}{\left(500 N/mm^2 / 1,5\right)} = 359,49 mm^2 = 3,59 cm^2$$

a)  $A_s$  calculada:  $3,59 cm^2$

b) **Cuantía mecánica mínima (art.42.3.2 EHE)**

$$A_s \cdot f_{yad} \geq \frac{0,25}{6} \cdot a \cdot b \cdot f_{cd}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25 N/mm^2}{1,5} = 16,67 N/mm^2$$

$$A_s \cdot f_{yad} \geq \frac{0,25}{6} \cdot 1400mm \cdot 1400mm \cdot 16,67 N/mm^2$$

$$A_s \cdot f_{yad} \geq 1.361.383 N$$

$$f_{yad} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 N/mm^2}{1,15} = 434,78 N/mm^2$$

$$A_s = \frac{1.361.383 N}{434,78 N/mm^2} = 3131,2 mm^2 = 31 cm^2$$

c) **Cuantía geométrica mínima (art.42.3.5 EHE)**

$$A_{s1} \geq 2,8\%_0 \cdot a \cdot b$$

$$A_{s1} \geq 2,8\%_0 \cdot 1400 mm \cdot 1400 mm = 54,88 cm^2$$

Para el cálculo de armadura elegimos la cuantía de acero máxima entre las tres.

a)  $A_s$  calculada:  $3,59 cm^2$

b) **Cuantía mecánica mínima:  $31 cm^2$**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

c) **Cuantía geométrica mínima: 54,88 cm<sup>2</sup>**

Elegimos el valor de 54,88 cm<sup>2</sup> para el cálculo de la armadura.

Número de redondos de diámetro 20mm

$$n = \frac{A_s}{(\pi \cdot d^2 / 4)} = \frac{54,88 \text{ cm}^2}{(\pi \cdot 2^2 / 4)} = 17 \text{ redondos } \phi 20 \text{ mm}$$

**\* En el sentido perpendicular de la zapata: será igual porque la zapata es simétrica**

COMPROBACIÓN DE OCUPACIÓN DE BARRAS

Coloco 17Ø20 (17 redondos de diámetro igual a 20mm) en cada cara.

El recubrimiento mecánico d´=5 cm=50mm

$$d' = h - d$$

$$d' = r_{\text{nominal}} + (\phi/2)$$

$$50 \text{ mm} = r_{\text{nominal}} + (20\text{mm}/2)$$

$$r_{\text{nominal}} = 40\text{mm}$$

La separación entre barras será:

$$S_h = (b - 2r_{\text{nominal}} - n \phi_{ap}) / (n - 1)$$

$$S_h = (1400\text{mm} - 2 \cdot 40\text{mm} - 17 \text{ barras} \cdot 20\text{mm } \phi) / (17 - 1) = 61,25 \text{ mm entre redondos.}$$

Cumple:

$$S_h > 2\text{cm} \rightarrow 6,1\text{cm} > 2 \text{ cm}$$

$$S_h > \phi_{ap} \rightarrow 6,1\text{cm} > 0,2 \text{ cm}$$

$$S_h > 1,25D \rightarrow 6,1 \text{ cm} > 1,25(2\text{cm}) = 2,5$$

} ⇒ CUMPLE



## 7. CÁLCULO DE LAS PLACAS DE BASE

### Dimensionamiento de la placa

Los pilares metálicos no pueden asentarse directamente sobre el hormigón de la cimentación porque no resistiría las tensiones transmitidas, se colocan unas placas metálicas entre pilar y cimiento con el fin de disminuir las tensiones que podría admitir el hormigón. La unión de la placa con la zapata se realiza mediante pernos de anclaje incluidos en el hormigón, se encargan de inmovilizar el hormigón si existieran tracciones.

Para el dimensionado de la placa base, se deja un vuelo a cada lado del soporte de 10 cm, las dimensiones de la placa de anclaje serán, según el perfil HEB 160, 36 cm a cada lado.

$$D = h + 2 \times \text{vuelo} = 16 + (2 \times 10) = 36 \text{ cm}$$

$$B = b + 2 \times \text{vuelo} = 16 + (2 \times 10) = 36 \text{ cm}$$

$$d = 16 + 16 - 5 = 27 \text{ cm.}$$

Los esfuerzos a los que se ven sometidas las placas de anclaje son igual a la suma, Peso de la cubierta + correas + cercha + pilar.

### **Acciones constantes**

Peso de la cubierta:  $17 \text{ Kg/m}^2$ .

$$0,17 \text{ KN/m}^2 \cdot 10 \text{ m(luz)} \cdot 5 \text{ m(distancia entre correas)} = 8,5 \text{ KN.}$$

Peso propio de la correa IPN-140:  $0,144 \text{ KN/m}$ .

En total hay 8 IPN-140 por cercha

$$8 \cdot 5 \text{ m} \cdot 0,144 \text{ KN/m} = 5,76 \text{ KN}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

**Peso propio de la cercha**

Se ha considerado para las longitudes de los perfiles la mitad de la cercha, puesto que es la que corresponde sustentar cada pilar.

Peso propio= 7,15 KN.

Mayoración  $\rightarrow P_{cercha}^* = 7,15 \text{ KN} \cdot 1,35 = 9,65 \text{ KN}$  de la mitad de la cercha

Peso de la cercha total =  $(9,65 \text{ KN} \cdot 2) = 19,30 \text{ KN}$

**Peso propio del pilar**

Perfil HEB 160  $\rightarrow 0,426 \text{ KN/m} \cdot 8 \text{ m} = 3,41 \text{ KN}$

Mayoración  $\rightarrow 3,41 \cdot 1,35 = 4,60 \text{ KN}$

2 pilares:  $2 \cdot 4,60 = 9,20 \text{ KN}$

**TOTAL PESO QUE SOPORTAN LAS PLACAS DE ANCLAJE:**

$N^* = \text{Peso de la cubierta} + \text{correas (interiores} + \text{exteriores)} + \text{cercha} + \text{pilar.}$

$N^* = 8,5 \text{ KN} + 5,76 \text{ KN} + 19,30 \text{ KN} + 9,20 \text{ KN} = 42,76 \text{ KN.}$

**Momento provocado por el viento**

$P_{viento_{barlovento}} = 1,6 \text{ KN/M} \cdot 1,5 = 2,4 \text{ KN/m.}$

El momento provocado por el viento será igual a:

$$M^* = \frac{(q \cdot L^2)}{2} = \frac{(2,4 \text{ KN/m} \cdot 8^2)}{2} = 76,80 \text{ KN} \cdot \text{m}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Calculo con estos dos datos la excentricidad para saber donde se encuentra la línea neutra es la siguiente:

$$e = \frac{M^*}{N^*} = \frac{76,80 \text{ KN} \cdot \text{m}}{44,76 \text{ KN}} = 1,72 \text{ m} = 172 \text{ cm}$$

$$\frac{D}{2} - \frac{d}{3} = \frac{36}{2} - \frac{27}{3} = 9 < 172 \text{ cm} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Al ser la excentricidad  $e > D/2 - d/3$  corresponde al Caso nº3 en el que la línea neutra se encuentra entre los paramentos de los pernos.

Presión sobre el hormigón

Una vez conocida la excentricidad, vamos a calcular la resistencia del hormigón en la cimentación, que será suponiendo HA-25.

$$F^* = \frac{N^* \cdot (8e - 3D)}{(8d - D)}$$

Siendo:

$$N^* = 42,76 \text{ KN}$$

$$d = 27 \text{ cm}$$

$$e = 172 \text{ cm}$$

$$B = 36 \text{ cm}$$

$$D = 36 \text{ cm}$$

$$F^* = \frac{42,76 \text{ KN} \cdot (8 \cdot 172 \text{ cm} - 3 \cdot 36)}{(8 \cdot 27 - 36)} = 301,22 \text{ KN}$$

$$\sigma_c = \frac{F + N}{\left(\frac{D}{4}\right) \cdot B}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

$$\sigma_c = \frac{301,22 \text{ KN} + 42,76 \text{ KN}}{\left(\frac{36}{4}\right) \cdot 36} = 1,06 \text{ KN/cm}^2 = 10,6 \text{ N/mm}^2$$

Con  $\sigma_c^*$  se comprueba la resistencia del hormigón de la cimentación por medio de la fórmula:

$$\sigma_c^* \leq \sigma_{adm.horm} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

Siendo:

$$\gamma_c = 1,5$$

$f_{ck}$ : resistencia característica del hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{adm.horm.} = f_{ck} / \gamma_c = (25 \text{ N/mm}^2) / 1,5 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c^* = 10,6 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{adm.horm.} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

El hormigón HA-25 N/mm<sup>2</sup> es válido.

## 8. CÁLCULO DE LOS PERNOS DE ANCLAJE

Se debe verificar que:

$$\frac{F^*}{n} \leq T_{agotamiento} = 0,8 \cdot \sigma_t \cdot A_r$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Siendo:

n: número de pernos en cada línea (mínimo 2)

$\sigma_t$ : resistencia de cálculo del perno, que para el acero S-275-JR el límite elástico es de 275N/Mm<sup>2</sup>.

$A_r$ : área resistente del perno (mm<sup>2</sup>), que se calcula con la fórmula dada:

$$A_r \geq \frac{F^*}{0,8 \cdot \sigma_t \cdot n}$$

$$A_r \geq \frac{301,22 \cdot 10^3}{0,8 \cdot (275 \text{ N/mm}^2) 2} = 684,59 \text{ mm}^2$$

De la tabla de áreas resistentes de los pernos según la Norma DB-SE-AE-ACERO se eligen los siguientes pernos:

**2 pernos de  $\phi 20$  mm.**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Tabla 5.5. Tabla resumen de cálculos constructivos

|                              |                                             |
|------------------------------|---------------------------------------------|
| DIMENSIÓN NAVE               | 10 m x 15 m x 8 m                           |
| CORREAS                      | IPN-140                                     |
| CORDÓN SUPERIOR DE LA CERCHA | UPN-120                                     |
| CORDÓN INFERIOR DE LA CERCHA | UPN-100                                     |
| MONTANTES Y DIAGONALES       | L.60.5                                      |
| PILAR                        | HEB-160                                     |
| DIMENSIONES DE LA ZAPATA     | 1,4m x 1,4 m x 0,5 m                        |
| ARMADURA                     | B-500 S<br>17 redondos de 20 mm de diámetro |
| PLACA BASE                   | 36 cm x 36 cm                               |
| PERNOS                       | 2 pernos de 20 mm de diámetro               |



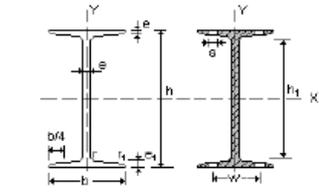
DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

TABLAS

Tabla 5.1.1: PERFILES IPN

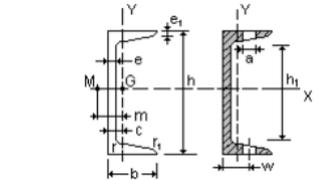
| Perfil  | Dimensiones |         |         |                      |                      |                      |         | Términos de sección  |                                   |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |                      |                                   |                                   | Agujeros |         |                      | Peso p<br>kp/m |
|---------|-------------|---------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|---------|----------------------|----------------|
|         | h<br>mm     | b<br>mm | e<br>mm | e <sub>1</sub><br>mm | r <sub>1</sub><br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | u<br>mm | A<br>cm <sup>2</sup> | S <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>y</sub><br>cm | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | w<br>mm  | a<br>mm | e <sub>2</sub><br>mm |                |
| IPN 80  | 80          | 42      | 3,9     | 5,9                  | 2,3                  | 59                   | 304     | 7,58                 | 11,4                              | 77,8                              | 19,5                              | 3,20                 | 6,29                              | 3,00                              | 0,91                 | 0,93                              | 87,5                              | 22       | -       | 4,43                 | 5,95           |
| IPN 100 | 100         | 50      | 4,5     | 6,8                  | 2,7                  | 75                   | 370     | 10,6                 | 19,9                              | 171                               | 34,2                              | 4,01                 | 12,2                              | 4,88                              | 1,07                 | 1,72                              | 268                               | 28       | -       | 5,05                 | 8,32           |
| IPN 120 | 120         | 58      | 5,1     | 7,7                  | 3,1                  | 92                   | 439     | 14,2                 | 31,8                              | 328                               | 54,7                              | 4,81                 | 21,5                              | 7,41                              | 1,23                 | 2,92                              | 685                               | 32       | -       | 5,67                 | 11,2           |
| IPN 140 | 140         | 66      | 5,7     | 8,6                  | 3,4                  | 109                  | 502     | 18,3                 | 47,7                              | 573                               | 81,9                              | 5,61                 | 35,2                              | 10,7                              | 1,40                 | 4,66                              | 1540                              | 34       | 11      | 6,29                 | 14,4           |
| IPN 160 | 160         | 74      | 6,3     | 9,5                  | 3,8                  | 125                  | 575     | 22,8                 | 68,0                              | 935                               | 117                               | 6,40                 | 54,7                              | 14,8                              | 1,55                 | 7,08                              | 3138                              | 40       | 11      | 6,91                 | 17,9           |
| IPN 180 | 180         | 82      | 6,9     | 10,4                 | 4,1                  | 142                  | 640     | 27,9                 | 93,4                              | 1450                              | 161                               | 7,20                 | 81,3                              | 19,8                              | 1,71                 | 10,3                              | 5924                              | 44       | 13      | 7,53                 | 21,9           |
| IPN 200 | 200         | 90      | 7,5     | 11,3                 | 4,5                  | 159                  | 709     | 33,5                 | 125                               | 2140                              | 214                               | 8,00                 | 117                               | 26,0                              | 1,87                 | 14,6                              | 10520                             | 48       | 13      | 8,15                 | 26,3           |
| IPN 220 | 220         | 98      | 8,1     | 12,2                 | 4,9                  | 175                  | 775     | 39,6                 | 162                               | 3060                              | 278                               | 8,80                 | 162                               | 33,1                              | 2,02                 | 20,1                              | 17760                             | 52       | 13      | 8,77                 | 31,1           |
| IPN 240 | 240         | 106     | 8,7     | 13,1                 | 5,2                  | 192                  | 844     | 46,1                 | 206                               | 4250                              | 354                               | 9,59                 | 221                               | 41,7                              | 2,20                 | 27,0                              | 28730                             | 56       | 17      | 9,39                 | 36,2           |
| IPN 260 | 260         | 113     | 9,4     | 14,1                 | 5,6                  | 208                  | 906     | 53,4                 | 257                               | 5740                              | 442                               | 10,4                 | 288                               | 51,0                              | 2,32                 | 36,1                              | 44070                             | 60       | 17      | 10,15                | 41,9           |
| IPN 280 | 280         | 119     | 10,1    | 15,2                 | 6,1                  | 225                  | 966     | 61,1                 | 318                               | 7590                              | 542                               | 11,1                 | 364                               | 61,2                              | 2,45                 | 47,8                              | 64580                             | 62       | 17      | 11,04                | 48,0           |
| IPN 300 | 300         | 125     | 10,8    | 16,2                 | 6,5                  | 241                  | 1030    | 69,1                 | 381                               | 9800                              | 653                               | 11,9                 | 451                               | 72,2                              | 2,58                 | 61,2                              | 91850                             | 64       | 21      | 11,83                | 54,2           |
| IPN 320 | 320         | 131     | 11,5    | 17,3                 | 6,9                  | 257                  | 1090    | 77,8                 | 457                               | 12510                             | 782                               | 12,7                 | 555                               | 84,7                              | 2,67                 | 78,2                              | 128800                            | 70       | 21      | 12,72                | 61,1           |
| IPN 340 | 340         | 137     | 12,2    | 18,3                 | 7,3                  | 274                  | 1150    | 86,8                 | 540                               | 15700                             | 923                               | 13,5                 | 674                               | 98,4                              | 2,80                 | 97,5                              | 176300                            | 74       | 21      | 13,51                | 68,1           |
| IPN 360 | 360         | 143     | 13,0    | 19,5                 | 7,8                  | 290                  | 1210    | 97,1                 | 638                               | 19610                             | 1090                              | 14,2                 | 818                               | 114                               | 2,90                 | 123                               | 240100                            | 76       | 23      | 14,50                | 76,2           |
| IPN 380 | 380         | 149     | 13,7    | 20,5                 | 8,2                  | 306                  | 1270    | 107                  | 741                               | 24010                             | 1260                              | 15,0                 | 975                               | 131                               | 3,02                 | 150                               | 318700                            | 82       | 23      | 15,29                | 84,0           |
| IPN 400 | 400         | 155     | 14,4    | 21,6                 | 8,6                  | 323                  | 1330    | 118                  | 857                               | 29210                             | 1480                              | 15,7                 | 1160                              | 149                               | 3,13                 | 183                               | 419600                            | 86       | 23      | 16,18                | 92,6           |
| IPN 450 | 450         | 170     | 16,2    | 24,3                 | 9,7                  | 363                  | 1478    | 147                  | 1200                              | 45850                             | 2040                              | 17,7                 | 1730                              | 203                               | 3,43                 | 288                               | 791100                            | 94       | 25      | 18,35                | 115            |
| IPN 500 | 500         | 185     | 18,0    | 27                   | 10,8                 | 404                  | 1628    | 180                  | 1620                              | 68740                             | 2750                              | 19,6                 | 2480                              | 268                               | 3,72                 | 449                               | 1403000                           | 100      | 28      | 20,53                | 141            |
| IPN 550 | 550         | 200     | 19,0    | 30                   | 11,9                 | 445                  | 1787    | 213                  | 2120                              | 99180                             | 3610                              | 21,6                 | 3490                              | 349                               | 4,02                 | 618                               | 2389000                           | 110      | 28      | 23,0                 | 167            |
| IPN 600 | 600         | 215     | 21,6    | 32,4                 | 13                   | 485                  | 1924    | 254                  | 2730                              | 139000                            | 4630                              | 23,4                 | 4670                              | 443                               | 4,30                 | 875                               | 3821000                           | 120      | 28      | 24,88                | 199            |



A = Área de la sección  
 $S_x$  = Momento estático de media sección, respecto a X.  
 $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X.  
 $W_x = 2I_x : h$  : h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.  
 $i_x = (I_x : A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a X.  
 $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.  
 $W_y = 2I_y : b$  : b. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.  
 $i_y = (I_y : A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a Y.  
 $I_z$  = Módulo de torsión de la sección.  
 $I_z$  = Módulo de alabeo de la sección.  
 $u$  = Perímetro de la sección.  
 $a$  = Diámetro del agujero del roblón normal.  
 $w$  = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.  
 $h_1$  = Altura de la parte plana del alma.  
 $e_2$  = Espesor del ala en el eje del agujero.  
 $p$  = Peso por metro.

Tabla 5.1.2: PERFILES UPN

| Perfil  | Dimensiones |         |         |                      |                      |                      |         | Términos de la sección |                                   |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |                      |                                   |                                   | Agujeros |         |         | Peso p<br>kp/m |
|---------|-------------|---------|---------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|---------|---------|----------------|
|         | h<br>mm     | b<br>mm | e<br>mm | e <sub>1</sub><br>mm | r <sub>1</sub><br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | u<br>mm | A<br>cm <sup>2</sup>   | S <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>y</sub><br>cm | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | c<br>cm  | m<br>mm | w<br>mm |                |
| UPN 80  | 80          | 45      | 6,0     | 8,0                  | 4,0                  | 46                   | 312     | 11,0                   | 15,9                              | 106                               | 26,5                              | 3,10                 | 19,4                              | 6,36                              | 1,33                 | 2,24                              | 1,45                              | 2,67     | 25      | 13      | 8,64           |
| UPN 100 | 100         | 50      | 6,0     | 8,5                  | 4,5                  | 64                   | 372     | 13,5                   | 24,5                              | 206                               | 41,2                              | 3,91                 | 29,3                              | 8,49                              | 1,47                 | 2,96                              | 1,55                              | 2,93     | 30      | 13      | 10,60          |
| UPN 120 | 120         | 55      | 7,0     | 9,0                  | 4,5                  | 82                   | 434     | 17,0                   | 36,3                              | 364                               | 60,7                              | 4,62                 | 43,2                              | 11,1                              | 1,59                 | 4,3                               | 1,60                              | 3,03     | 30      | 17      | 13,40          |
| UPN 140 | 140         | 60      | 7,0     | 10,0                 | 5,0                  | 98                   | 489     | 20,4                   | 51,4                              | 605                               | 86,4                              | 5,45                 | 52,7                              | 14,8                              | 1,75                 | 6,02                              | 1,75                              | 3,37     | 35      | 17      | 16,00          |
| UPN 160 | 160         | 65      | 7,5     | 10,5                 | 5,5                  | 115                  | 546     | 24,0                   | 68,8                              | 925                               | 116                               | 6,21                 | 65,3                              | 18,3                              | 1,89                 | 7,81                              | 1,84                              | 3,56     | 35      | 21      | 18,80          |
| UPN 180 | 180         | 70      | 8,0     | 11,0                 | 5,5                  | 133                  | 611     | 28,0                   | 89,6                              | 1350                              | 150                               | 6,95                 | 114                               | 22,4                              | 2,02                 | 9,98                              | 1,92                              | 3,75     | 40      | 21      | 22,00          |
| UPN 200 | 200         | 75      | 8,5     | 11,5                 | 6,0                  | 151                  | 661     | 32,2                   | 114                               | 1910                              | 191                               | 7,70                 | 148                               | 27,0                              | 2,14                 | 12,6                              | 2,01                              | 3,94     | 40      | 23      | 25,30          |
| UPN 220 | 220         | 80      | 9,0     | 12,5                 | 6,5                  | 167                  | 718     | 37,4                   | 146                               | 2690                              | 245                               | 8,48                 | 197                               | 33,6                              | 2,30                 | 17,0                              | 2,14                              | 4,20     | 45      | 23      | 29,40          |
| UPN 240 | 240         | 85      | 9,5     | 13,0                 | 6,5                  | 184                  | 775     | 42,3                   | 179                               | 3600                              | 300                               | 9,22                 | 248                               | 39,6                              | 2,42                 | 20,8                              | 2,23                              | 4,39     | 45      | 25      | 33,20          |
| UPN 260 | 260         | 90      | 10      | 14,0                 | 7,0                  | 200                  | 834     | 48,3                   | 221                               | 4820                              | 371                               | 9,99                 | 317                               | 47,7                              | 2,56                 | 23,7                              | 2,36                              | 4,66     | 50      | 25      | 37,90          |
| UPN 280 | 280         | 95      | 10      | 15,0                 | 7,5                  | 216                  | 890     | 53,3                   | 266                               | 6280                              | 448                               | 10,9                 | 399                               | 57,2                              | 2,74                 | 33,2                              | 2,53                              | 5,02     | 50      | 25      | 41,80          |
| UPN 300 | 300         | 100     | 10      | 16,0                 | 8,0                  | 232                  | 950     | 58,8                   | 316                               | 8030                              | 535                               | 11,7                 | 495                               | 67,8                              | 2,90                 | 40,6                              | 2,70                              | 5,41     | 55      | 25      | 46,20          |



A = Área de la de la sección  
 $S_x$  = Momento estático de media sección, respecto a X.  
 $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X.  
 $W_x = 2I_x : h$  : h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.  
 $i_x = (I_x : A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a X.  
 $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.  
 $W_y = 2I_y : (b-c)$  : (b-c). Mínimo módulo resistente de la sección, respecto a Y.  
 $i_y = (I_y : A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a Y.  
 $I_z$  = Módulo de torsión de la sección.  
 $c$  = Posición del eje Y.  
 $u$  = Perímetro de la sección.  
 $a$  = Diámetro del agujero del roblón normal.  
 $w$  = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.  
 $h_1$  = Altura de la parte plana del alma.  
 $p$  = Peso por metro.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 5. CÁLCULOS CONSTRUCTIVOS

Tabla 5.1.3: PERFIL HEB

| Perfil  |     | Dimensiones |         |         |                      |         |                      |         | Términos de la sección |                                   |                                   |                                   |                      |                                   |                                   |                      |                                   |                                   | Agujeros |                      |         | Peso p<br>kp/m |
|---------|-----|-------------|---------|---------|----------------------|---------|----------------------|---------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|---------|----------------|
|         |     | h<br>mm     | b<br>mm | e<br>mm | e <sub>1</sub><br>mm | r<br>mm | h <sub>1</sub><br>mm | u<br>mm | A<br>cm <sup>2</sup>   | S <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | I <sub>x</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>x</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>x</sub><br>cm | I <sub>y</sub><br>cm <sup>4</sup> | W <sub>y</sub><br>cm <sup>3</sup> | i <sub>y</sub><br>cm | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | I <sub>z</sub><br>cm <sup>4</sup> | w<br>mm  | w <sub>1</sub><br>mm | a<br>mm |                |
| HEB 100 | 100 | 100         | 6,0     | 10      | 12                   | 56      | 567                  | 26,0    | 52,1                   | 450                               | 90                                | 4,16                              | 167                  | 33                                | 2,53                              | 9,34                 | 3375                              | 55                                | -        | 13                   | 20,4    |                |
| HEB 120 | 120 | 120         | 6,5     | 11      | 12                   | 74      | 688                  | 34,0    | 82,6                   | 664                               | 144                               | 5,04                              | 318                  | 53                                | 3,06                              | 14,9                 | 9410                              | 65                                | -        | 17                   | 26,7    |                |
| HEB 140 | 140 | 140         | 7,0     | 12      | 12                   | 92      | 805                  | 43,0    | 123                    | 1509                              | 216                               | 5,93                              | 550                  | 79                                | 3,58                              | 22,5                 | 22480                             | 75                                | -        | 21                   | 33,7    |                |
| HEB 160 | 160 | 160         | 8,0     | 13      | 15                   | 104     | 918                  | 54,3    | 177                    | 2492                              | 311                               | 6,78                              | 889                  | 111                               | 4,05                              | 33,2                 | 47940                             | 85                                | -        | 23                   | 42,6    |                |
| HEB 180 | 180 | 180         | 8,5     | 14      | 15                   | 122     | 1040                 | 65,3    | 241                    | 3831                              | 426                               | 7,66                              | 1363                 | 151                               | 4,57                              | 46,5                 | 93750                             | 100                               | -        | 25                   | 51,2    |                |
| HEB 200 | 200 | 200         | 9,0     | 15      | 18                   | 134     | 1150                 | 78,1    | 321                    | 5696                              | 570                               | 8,54                              | 2003                 | 200                               | 5,07                              | 63,4                 | 171100                            | 110                               | -        | 25                   | 61,3    |                |
| HEB 220 | 220 | 220         | 9,5     | 16      | 18                   | 152     | 1270                 | 91,0    | 414                    | 8091                              | 736                               | 9,43                              | 2843                 | 258                               | 5,59                              | 84,4                 | 295400                            | 120                               | -        | 25                   | 71,5    |                |
| HEB 240 | 240 | 240         | 10,0    | 17      | 21                   | 164     | 1380                 | 108,0   | 527                    | 11259                             | 938                               | 10,3                              | 3923                 | 327                               | 6,08                              | 110                  | 489600                            | 90                                | 35       | 25                   | 83,2    |                |
| HEB 260 | 260 | 260         | 10,0    | 17,5    | 24                   | 177     | 1500                 | 118,4   | 641                    | 14919                             | 1150                              | 11,2                              | 5135                 | 395                               | 6,58                              | 130                  | 753700                            | 100                               | 40       | 25                   | 93      |                |
| HEB 280 | 280 | 280         | 10,5    | 18      | 24                   | 196     | 1620                 | 131,4   | 767                    | 19270                             | 1380                              | 12,1                              | 6565                 | 471                               | 7,09                              | 153                  | 1130000                           | 110                               | 45       | 25                   | 103     |                |
| HEB 300 | 300 | 300         | 11,0    | 19      | 27                   | 208     | 1730                 | 149,1   | 934                    | 25166                             | 1680                              | 13,0                              | 8563                 | 571                               | 7,58                              | 192                  | 1688000                           | 120                               | 50       | 25                   | 117     |                |
| HEB 320 | 320 | 300         | 11,5    | 20,5    | 27                   | 225     | 1770                 | 161,3   | 1070                   | 30823                             | 1930                              | 13,8                              | 9239                 | 616                               | 7,57                              | 241                  | 2089000                           | 120                               | 50       | 25                   | 127     |                |
| HEB 340 | 340 | 300         | 12,0    | 21,5    | 27                   | 243     | 1810                 | 170,9   | 1200                   | 36858                             | 2180                              | 14,6                              | 9890                 | 646                               | 7,53                              | 278                  | 2454000                           | 120                               | 50       | 25                   | 134     |                |
| HEB 360 | 360 | 300         | 12,5    | 22,5    | 27                   | 261     | 1850                 | 180,6   | 1340                   | 43193                             | 2400                              | 15,5                              | 10140                | 676                               | 7,49                              | 320                  | 2883000                           | 120                               | 50       | 25                   | 142     |                |
| HEB 400 | 400 | 300         | 13,5    | 24      | 27                   | 298     | 1930                 | 197,8   | 1620                   | 57880                             | 2880                              | 17,1                              | 10819                | 721                               | 7,4                               | 394                  | 3817000                           | 120                               | 50       | 25                   | 155     |                |
| HEB 450 | 450 | 300         | 14,0    | 26      | 27                   | 344     | 2030                 | 218     | 1990                   | 79887                             | 3550                              | 19,1                              | 11721                | 781                               | 7,33                              | 500                  | 5258000                           | 120                               | 50       | 25                   | 171     |                |
| HEB 500 | 500 | 300         | 14,5    | 28      | 27                   | 390     | 2120                 | 238,6   | 2410                   | 107176                            | 4290                              | 21,2                              | 12624                | 842                               | 7,27                              | 625                  | 7018000                           | 120                               | 45       | 28                   | 187     |                |
| HEB 550 | 550 | 300         | 15,0    | 29      | 27                   | 438     | 2220                 | 254,1   | 2800                   | 136691                            | 4970                              | 23,2                              | 13077                | 872                               | 7,17                              | 701                  | 8856000                           | 120                               | 45       | 28                   | 199     |                |
| HEB 600 | 600 | 300         | 15,5    | 30      | 27                   | 486     | 2320                 | 270,0   | 3210                   | 171041                            | 5700                              | 25,2                              | 13530                | 902                               | 7,08                              | 783                  | 10965000                          | 120                               | 45       | 28                   | 212     |                |

$A$  = Área de la de la sección.  
 $S_x$  = Momento estático de media sección, respecto a X.  
 $I_x$  = Momento de inercia de la sección, respecto a X.  
 $W_x = 2I_x / h$  :  $h$  : Módulo resistente de la sección, respecto a X.  
 $i_x = (I_x / A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a X.  
 $I_y$  = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.  
 $W_y = 2I_y / b$  :  $b$  : Módulo resistente de la sección, respecto a Y.  
 $i_y = (I_y / A)^{1/2}$  : Radio de giro de la sección, respecto a Y.  
 $I_z$  = Módulo de torsión de la sección.  
 $I_x$  = Módulo de alabeo de la sección.  
 $u$  = Perímetro de la sección.  
 $a$  = Diámetro del agujero del roblón normal.  
 $w$  = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.  
 $h_1$  = Altura de la parte plana del alma.  
 $p$  = Peso por metro.

Tabla 5.1.4. Perfil L

| Tabla    | Dimensiones |    |                |                |      | Centro          | Términos de sección |                 |                 |                 |                 |                |                |                |                |  |
|----------|-------------|----|----------------|----------------|------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|
|          | h           | t  | r <sub>1</sub> | r <sub>2</sub> | c    |                 | A                   | I <sub>y</sub>  | I <sub>x</sub>  | I <sub>y</sub>  | W <sub>y</sub>  | W <sub>x</sub> | i <sub>y</sub> | i <sub>x</sub> | i <sub>z</sub> |  |
| Perfil   | mm          | mm | mm             | mm             | cm   | cm <sup>2</sup> | cm <sup>4</sup>     | cm <sup>4</sup> | cm <sup>4</sup> | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup> | cm             | cm             | cm             |                |  |
| L 40. 4  | 40          | 4  | 6              | 3.0            | 1.12 | 3.08            | 4.47                | 7.09            | 1.86            | 1.55            | 1.17            | 1.21           | 1.52           | 0.78           |                |  |
| L 40. 5  | 40          | 5  | 6              | 3.0            | 1.16 | 3.79            | 5.43                | 8.60            | 2.26            | 1.91            | 1.37            | 1.20           | 1.51           | 0.77           |                |  |
| L 40. 6  | 40          | 6  | 6              | 3.0            | 1.20 | 4.48            | 6.31                | 9.98            | 2.65            | 2.26            | 1.56            | 1.19           | 1.49           | 0.77           |                |  |
| L 45. 4  | 45          | 4  | 7              | 3.5            | 1.23 | 3.49            | 6.43                | 10.20           | 2.67            | 1.97            | 1.53            | 1.36           | 1.71           | 0.88           |                |  |
| L 45. 5  | 45          | 5  | 7              | 3.5            | 1.28 | 4.30            | 7.84                | 12.40           | 3.26            | 2.43            | 1.80            | 1.35           | 1.70           | 0.87           |                |  |
| L 45. 6  | 45          | 6  | 7              | 3.5            | 1.32 | 5.09            | 9.16                | 14.50           | 3.82            | 2.88            | 2.05            | 1.34           | 1.69           | 0.87           |                |  |
| L 50. 4  | 50          | 4  | 7              | 3.5            | 1.36 | 3.89            | 8.97                | 14.20           | 3.72            | 2.46            | 1.94            | 1.52           | 1.91           | 0.98           |                |  |
| L 50. 5  | 50          | 5  | 7              | 3.5            | 1.40 | 4.80            | 11.00               | 17.40           | 4.54            | 3.05            | 2.29            | 1.51           | 1.90           | 0.97           |                |  |
| L 50. 6  | 50          | 6  | 7              | 3.5            | 1.45 | 5.69            | 12.80               | 20.30           | 5.33            | 3.61            | 2.61            | 1.50           | 1.89           | 0.97           |                |  |
| L 50. 7  | 50          | 7  | 7              | 3.5            | 1.49 | 6.56            | 14.60               | 23.10           | 6.11            | 4.16            | 2.91            | 1.49           | 1.88           | 0.96           |                |  |
| L 50. 8  | 50          | 8  | 7              | 3.5            | 1.52 | 7.41            | 16.30               | 25.70           | 6.87            | 4.68            | 3.19            | 1.48           | 1.86           | 0.96           |                |  |
| L 60. 5  | 60          | 5  | 8              | 4.0            | 1.64 | 5.82            | 19.40               | 30.70           | 8.02            | 4.45            | 3.45            | 1.82           | 2.30           | 1.17           |                |  |
| L 60. 6  | 60          | 6  | 8              | 4.0            | 1.69 | 6.91            | 22.80               | 36.20           | 9.43            | 5.29            | 3.95            | 1.82           | 2.29           | 1.17           |                |  |
| L 60. 8  | 60          | 8  | 8              | 4.0            | 1.77 | 9.03            | 29.20               | 46.20           | 12.20           | 6.89            | 4.66            | 1.80           | 2.26           | 1.16           |                |  |
| L 60.10  | 60          | 10 | 8              | 4.0            | 1.85 | 11.10           | 34.90               | 55.10           | 14.80           | 8.41            | 5.67            | 1.78           | 2.23           | 1.16           |                |  |
| L 70. 6  | 70          | 6  | 9              | 4.5            | 1.93 | 8.13            | 36.90               | 58.50           | 15.30           | 7.27            | 5.59            | 2.13           | 2.68           | 1.37           |                |  |
| L 70. 7  | 70          | 7  | 9              | 4.5            | 1.97 | 9.40            | 42.30               | 67.10           | 17.50           | 8.41            | 6.27            | 2.12           | 2.67           | 1.36           |                |  |
| L 70. 8  | 70          | 8  | 9              | 4.5            | 2.01 | 10.60           | 47.50               | 75.30           | 19.70           | 9.52            | 6.91            | 2.11           | 2.66           | 1.36           |                |  |
| L 70.10  | 70          | 10 | 9              | 4.5            | 2.09 | 13.10           | 57.20               | 90.50           | 23.90           | 11.70           | 8.10            | 2.09           | 2.63           | 1.35           |                |  |
| L 80. 8  | 80          | 8  | 10             | 5.0            | 2.26 | 12.30           | 72.20               | 115.00          | 29.90           | 12.60           | 9.36            | 2.43           | 3.06           | 1.56           |                |  |
| L 80.10  | 80          | 10 | 10             | 5.0            | 2.34 | 15.10           | 87.50               | 139.00          | 36.30           | 13.40           | 11.00           | 2.41           | 3.03           | 1.55           |                |  |
| L 80.12  | 80          | 12 | 10             | 5.0            | 2.41 | 17.90           | 102.00              | 161.00          | 42.70           | 18.20           | 12.50           | 2.39           | 3.00           | 1.55           |                |  |
| L 90. 8  | 90          | 8  | 11             | 5.5            | 2.50 | 13.90           | 104.00              | 166.00          | 43.10           | 16.10           | 12.20           | 2.74           | 3.45           | 1.76           |                |  |
| L 90.10  | 90          | 10 | 11             | 5.5            | 2.58 | 17.10           | 127.00              | 201.00          | 52.50           | 19.80           | 14.40           | 2.72           | 3.43           | 1.75           |                |  |
| L 90.12  | 90          | 12 | 11             | 5.5            | 2.66 | 20.30           | 148.00              | 234.00          | 61.70           | 23.30           | 16.40           | 2.70           | 3.40           | 1.74           |                |  |
| L 100. 8 | 100         | 8  | 12             | 6.0            | 2.74 | 15.50           | 145.00              | 230.00          | 59.80           | 19.90           | 15.50           | 3.06           | 3.85           | 1.96           |                |  |
| L 100.10 | 100         | 10 | 12             | 6.0            | 2.82 | 19.20           | 177.00              | 280.00          | 72.90           | 24.60           | 18.30           | 3.04           | 3.83           | 1.95           |                |  |
| L 100.12 | 100         | 12 | 12             | 6.0            | 2.90 | 22.70           | 207.00              | 328.00          | 85.70           | 29.10           | 20.90           | 3.02           | 3.80           | 1.94           |                |  |
| L 100.15 | 100         | 15 | 12             | 6.0            | 3.02 | 27.90           | 249.00              | 393.00          | 104.00          | 35.60           | 24.40           | 2.98           | 3.75           | 1.93           |                |  |
| L 120.10 | 120         | 10 | 13             | 6.5            | 3.31 | 23.20           | 313.00              | 497.00          | 129.00          | 36.00           | 27.50           | 3.67           | 4.63           | 2.36           |                |  |
| L 120.12 | 120         | 12 | 13             | 6.5            | 3.40 | 27.50           | 368.00              | 584.00          | 152.00          | 42.70           | 31.50           | 3.65           | 4.60           | 2.35           |                |  |
| L 120.15 | 120         | 15 | 13             | 6.5            | 3.51 | 33.90           | 445.00              | 705.00          | 185.00          | 52.40           | 37.10           | 3.62           | 4.56           | 2.33           |                |  |

*ANEJO 6*

*INSTALACIÓN ELÉCTRICA*

## ÍNDICE ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

|                                                                             | <i>Página</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> _____                                                | <b>136</b>    |
| <b>2. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE INTERIORES</b> _____                         | <b>138</b>    |
| <b>3. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b> _____                         | <b>143</b>    |
| <b>4. CÁLCULO DE POTENCIAS</b> _____                                        | <b>144</b>    |
| <b>5. CÁLCULO DE LAS SECCIONES</b> _____                                    | <b>145</b>    |
| <b>6. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN</b> _____ | <b>153</b>    |
| <b>7. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA</b> _____                                  | <b>155</b>    |
| <b>8. POTENCIA A CONTRATAR</b> _____                                        | <b>156</b>    |
| <b>9. NORMAS Y REFERENCIAS</b> _____                                        | <b>156</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a calcular las necesidades de iluminación y las fuerzas necesarias para la implantación de este proyecto en la industria papelera, y el dimensionamiento de los circuitos de baja tensión, según las especificaciones contenidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por R.D. 842/2002, 2 de Agosto, y las Instrucciones Complementarias, denominadas ITC-BT.

La instalación va a ser monofásico y trifásico, 230 V/ 400 V respectivamente.

En primer lugar, voy a definir algunas de las partes de la que está compuesta una instalación.

- Acometida, es la parte de la instalación que hace referencia a la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente (CGP9). Los conductores pueden ser de cobre y aluminio, en concreto para este proyecto contaremos con los conductores de cobre.

La línea está regulada por el ITC-BT-11.

La acometida puede presentarse de diferentes formas como son las aéreas, es decir, el sistema de instalación puede ser posada sobre fachada o tensada sobre poste. Subterránea, el sistema de instalación puede ser con entrada o salida o en derivación. O mixta, es decir, son aéreas-subterráneas.

- Caja general de protección y medida, es la caja en donde se alojan a los elementos de protección de las líneas generales de alimentación. Se instalarán preferentemente sobre las fachadas exteriores de los edificios, en lugares de libre y permanente acceso. Se instalará siempre en un nicho en pared, que se cerrará con una puerta preferentemente metálica, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura o candado normalizado por la empresa suministradora. Los dispositivos de lectura de los equipos de medida deberán estar situados a una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En el nicho se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada de la acometida.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora que hayan sido aprobadas por la Administración Pública competente, en función del número y naturaleza del suministro. Dentro de las mismas se instalarán cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase o polares, con poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito prevista en el punto de su instalación. Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que sobre el particular se indica en la Norma UNE-EN 60.439-1, tendrán grado de inflamabilidad según se indica en la norma UNE-EN 60.439-3, una vez instaladas tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 e IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

Nuestro cuadro eléctrico metálico tiene unas dimensiones de 600 x 400 x 200mm.

El envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta. Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13.

- Derivación individual, es la parte de la instalación que, partiendo de la caja de protección y medida, suministra energía eléctrica a una instalación de usuario. Comprende los fusibles de seguridad, el conjunto de medida y los dispositivos generales de mando y protección. Está regulada por la ITC-BT-15.

Los conductores a utilizar serán de cobre o aluminio, aislados y normalmente unipolares, siendo su tensión asignada 450/750 V como mínimo. Para el caso de cables multiconductores o para el caso de derivaciones individuales en el interior de los tubos enterrados, el aislamiento de los conductores será de tensión asignada 0.6/1 KV. La sección mínima será de 6mm<sup>2</sup> para los cables



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

polares, neutro y protección, y de 1,5 mm<sup>2</sup> para el hilo de mando (para aplicación de las diferentes tarifas), que será de color rojo.

La caída de tensión máxima admisible será, para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación, del 1,5%.

- Dispositivos generales e individuales de mando y protección, se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. En establecimientos en los que proceda, se colocará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Dicha caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de mando y protección.

Los dispositivos individuales de mando y protección de cada uno de los circuitos, que son el origen de la instalación interior, podrán instalarse en cuadros separados y en otros lugares.

La altura a la cual se situarán los dispositivos generales e individuales de mando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 m.

## 2. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE INTERIORES

A continuación, voy a calcular la potencia de las lámparas, los puntos de luz y la distribución de las luminarias dentro de la nave.

Para determinar el Nivel de Iluminación Media se hace a través de unas tablas en función de la actividad a desarrollar para este caso que se trata de una instalación de un reactor de ozonización en una industria papelera, por lo que serían de necesidad una iluminancia igual a 120 lux.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para alcanzar estos niveles de iluminación, el alumbrado se diseña habitualmente con una colocación regular de luminarias en el local, en general en el techo. Según la altura se realiza la elección de una u otra clase de luminarias, para este caso en concreto al contar con una altura de 8m, se hace uso de luminarias semi-intensivas, ya que estas comprenden los valores entre 6 y 10 m. Las luminarias son los equipos que alojan las lámparas, siendo estas colocadas suspendidas del techo.

También hay que hacer una elección previa de la lámpara a emplear dentro de la gran variedad, siendo para este proyecto la elección de lámparas LED.

La tecnología LED en alumbrado industrial es la inversión más rentable, ya que proporciona un gran ahorro de energía, larga vida de uso y una drástica reducción de costes de mantenimiento. Por este motivo, he seleccionado el empleo de estas luminarias para el presente proyecto.

En concreto se llevará a cabo la instalación de campana industrial LED de 200 W. Cuyas propiedades son las siguientes:

- Color de luz: blanco frío
- Temperatura de color: 6000 K
- Rendimiento: 90-100 lm/W
- Vida útil: > 50.000 horas
- Protección: IP65
- Alimentación: 100-240 VAC
- Dimensiones:  $\Phi$  420 x 490 mm
- Eficacia : > 87%
- Distribución de la luz: simétrico
- Certificado. CE

A continuación se recogen en forma de tabla las características de la campana LED a instalar:



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Tabla 6.1: Características de la campana LED

| Lámpara     | Potencia (W) | Flujo luminoso (lm) | Rendimiento (lm/W) | Índice de rendimiento en color |
|-------------|--------------|---------------------|--------------------|--------------------------------|
| Campana LED | 200          | 18.000              | 90-100             | 45°                            |

Para el cálculo de del alumbrado es necesarios tener en cuenta los siguientes datos:

- Actividad a desarrollar → Nivel de Iluminación
- Dimensiones del local→ (10 x 15 m)
- Altura del plano de trabajo
- Reflectancias de las luminarias
- Nivel de mantenimiento de las lámparas y del local

En este proyecto se lleva a cabo el método de flujo, en el cual se determina el porcentaje de flujo luminoso emitido que llega al plano de trabajo, considerando a través de sucesivos rendimientos, las pérdidas debidas a la luminaria y a local.

Se hace uso de la siguiente ecuación:

$$F_F = \frac{E_m S}{\eta_L \eta_R f_m}$$

Donde,

$F_F$  = flujo luminoso a emitir (lúmenes)

$E_m$  = nivel de iluminación recomendado (luxes)

$S$  = superficie a iluminar ( $m^2$ )

$\eta_L$  = rendimiento de la luminaria, es igual a 0,85.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

$\eta_R$  = rendimiento del local, es función del índice local que se ve a continuación.

$f_m$  = factor de mantenimiento, es igual a 0,7 ya que se realizan las limpiezas y mantenimiento normales.

El valor Nivel de iluminación ( $E_m$ ) por la superficie (S) se define como el flujo luminoso que llega al plano de trabajo. Para ello es necesario que el flujo emitido sea mayor, ya que existen pérdidas en la luminaria, en el local y por la pérdida de eficacia de la campana con el paso del tiempo. El flujo luminoso a emitir, una vez elegida la lámpara (campana LED) a instalar en este proyecto. El proceso de cálculo es el siguiente:

- Altura a la que se van a colocar las luminarias.

$$\text{Altura óptima} \rightarrow h = 4/5 h'$$

Siendo, h la distancia entre el plano de trabajo y las luminarias, y  $h'$  la distancia entre el plano de trabajo y el techo. El plano de trabajo se considera a 0,85m del suelo. ( $h' = 8 - 0,85 = 7,15\text{m} \rightarrow h = 5,72\text{m}$ )

- Índice local (k)

$$k = \frac{ab}{h(a+b)}$$

Siendo, a y b las dimensiones de la nave, y h la distancia entre el plano de trabajo y las luminarias.

Obteniendo un valor de K igual a 1,05.

El rendimiento del local ( $\eta_R$ ) se obtiene a partir de una tabla consultada en la bibliografía [21] en función de la luminaria, el índice del local y las reflectancias de techos, paredes y suelo.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Las reflectancias son función del color que se le van a dar a los techos, paredes y suelo, en concreto para este proyecto se van a elegir como tono, el tono medio tanto para techos, paredes y suelo. Por lo que obtenemos unos valores de reflectancia para el techo igual a 0,3; para las paredes igual a 0,5; y para el suelo igual a 0,3. Una vez seleccionados estos datos, nos dirigimos a la tabla de rendimientos del local en función de las reflectancias, del índice del local (k) y del tipo de luminaria (dispersora), obteniendo así un valor de rendimiento ( $\eta_R$ ) igual a 0,38.

Volviendo a la ecuación anterior obtenemos el flujo luminoso:

$$F_F = \frac{E_m S}{\eta_L \eta_R f_m} = \frac{120 \text{ lux} \cdot 150 \text{ m}^2}{0,85 \cdot 0,38 \cdot 0,7} = 79.610,79 \text{ lm}$$

Al flujo luminoso lo dividimos por el flujo a emitir cada lámpara, en este caso al tratarse de campanas LED el valor del flujo es igual a 18.000 lm. Obteniendo el número de campanas a emplear, es decir, se obtiene un valor 4,4. Aproximando el resultado, nos decantamos por el empleo de 6 lámparas, 2 filas con 3 campanas cada una distribuidas por toda la nave.

La comprobación de la uniformidad de la iluminación es en función de la distribución luminosa de la luminaria, en este caso es dispersora, por lo tanto:

$$d \leq 1,5 h$$

Siendo d, la distancia máxima a separar las luminarias, y h la distancia entre el plano de trabajo y las luminarias.

$$d \leq 1,5 \cdot 5,72 = 8,58 \rightarrow \text{CUMPLE}$$



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La iluminancia media del diseño resultante será:

$$E_m = \frac{18000 \cdot 6 \cdot 0,85 \cdot 0,38 \cdot 0,7}{10 \cdot 15} = 163 \text{ lux}$$

*La potencia total de alumbrado interno es igual a 6 campanas LED por 200 W es igual a 1200 W.*

### 3. CÁLCULO DEL ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El alumbrado de emergencia es de obligatoriedad en función del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, ITC-BT-28.

La instalación será fija y estará provista de fuente de energía propia, debe estar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación o cuando la tensión de la alimentación descienda por debajo del 70 % de su valor nominal. Este tipo de alumbrado está formado por baterías recargables y es completamente independiente a la red eléctrica, excepto cuando se cargan las baterías. Cada luminaria tiene su propia batería que en caso de un fallo de energía, estas entran en acción automáticamente. [21]

Para la distribución de las luminarias se deben emplear dotaciones de 5 lm/m<sup>2</sup>, usar luminarias de flujo luminoso superior a 30 lm y separar las luminarias con una distancia de 4 d, siendo d la altura a la que se instalan, es decir, a unos 2,5 m de altura.

La lámpara de emergencia presenta las siguientes características:

- Lámpara de emergencia: FL 8 W G5
- Autonomía: 1
- Alimentación: 230 V
- Flujo luminoso 183 lm
- Superficie de 36 m<sup>2</sup>



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Por lo tanto, para este proyecto se van a emplear un total de 5 lámparas de emergencia.

*La potencia total es igual a 40 W.*

#### 4. CÁLCULO DE POTENCIAS

Se recoge a continuación en forma de tablas la potencia necesaria total que se van a emplear para la instalación de la planta.

*Tabla 6.2: Potencia necesaria en función de la maquinaria a necesitar*

| MAQUINARÍA                    | POTENCIA (W)   | TIPO DE CORRIENTE |
|-------------------------------|----------------|-------------------|
| Generador de ozono            | 170.900        | Monofásica        |
| Destructor de ozono           | 60             | Monofásica        |
| Bombas                        | 45.750         | Trifásica         |
| Biofiltro (Bomba de limpieza) | 73.750         | Trifásica         |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>289.710</b> |                   |

*Tabla 6.3: Potencia necesaria en función del alumbrado*

| TIPO DE ALUMBRADO       | POTENCIA (W) |
|-------------------------|--------------|
| Alumbrado interior      | 1.200        |
| Alumbrado de emergencia | 40           |
| <b>TOTAL</b>            | <b>1.240</b> |



## 5. CÁLCULO DE LAS SECCIONES

La instalación se dividirá en 5 cuadros secundarios a partir del cuadro general de protección. De esta forma se evitan caídas de tensión elevadas y se podrá solucionar más fácilmente los daños en caso de avería.

Los cables se distribuirán e través de la nave por medio de la colocación de bandejas perforadas ancladas a la pared a un altura de 3 m.

Los cables seleccionados para este proyecto serán cables de cobre con aislamiento de PVC.

Una vez calculada la intensidad se halla en las tablas de sección de acuerdo a la intensidad, según recoge el ITC-BT-19.

La fórmula a emplear para el cálculo de conductores va a depender de si son monofásicos o trifásicos, como se muestra a continuación:

- Conductores trifásicos

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$e = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V}$$

- Conductores monofásicos

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot S \cdot V}$$

Donde,

I, intensidad en Amperios (A).

P, potencia de cálculo (W).



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

V, es la tensión de línea, siendo 230 V para monofásica, y 400 V para trifásica.

$\cos\varphi$ , es el factor de potencia.

e, caída de tensión(V).

L, longitud (m).

S, sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ).

$\gamma$ , constante en función del material, siendo igual a 56 para el Cobre, y 35 para el Aluminio.

La sección mínima para el alumbrado será de  $1,5 \text{ mm}^2$ , y para tomas de corriente será de  $2,5 \text{ mm}^2$ .

ESQUEMA DEL CUADRO GENERAL

- CUADRO 1  
CIRCUITO 1: Alumbrado interno
  
- CUADRO 2  
CIRCUITO 2: Bombas
  
- CUADRO 3  
CIRCUITO 3: Generador de ozono y destructor de ozono
  
- CUADRO 4  
CIRCUITO 4: Destructor de ozono
  
- CUADRO 5  
CIRCUITO 5: Biofiltro



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A continuación se describen los circuitos, teniendo en cuenta el tipo de instalación que se va a ejecutar, en este caso se realiza en conductores aislados en tubos de montaje superficial o empotrado en obra, incluyendo canales para instalaciones (canaletas), denominándose a este grupo B1.

Todos los cálculos se realizan de acuerdo con el Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT).

○ CUADRO 1

**CIRCUITO 1: ALUMBRADO INTERNO**

Potencia = (Potencial total \* Coef. De simultaneidad) = (1200 W \* 0,6) = 720 W

Tensión nominal = 230 V

Conductor de cobre = 56 m/ohm.m<sup>2</sup>

Longitud de la línea = 30m

Factor de potencia (cosφ) = 0,9

Caída de tensión = 1,5% La máxima tensión admisible es de 5%. → CUMPLE → 1,5%  
de 230V → 3,5

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{2 \cdot 720 \cdot 30}{56 \cdot 3,5 \cdot 230} = 0,96 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{720}{230 \cdot 0,9} = 3,5 \text{ A}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable unipolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $1,5 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $13 \text{ A} > 3,5 \text{ A}$ .

Conducción en PVC3  $2(1 \times 1,5)\text{mm}^2 + T (1 \times 1,5)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará bajo tubo de 20 mm de diámetro en montaje superficial.

○ CUADRO 2

**CIRCUITO 2: BOMBAS**

Potencia = (Potencial total \* Coef. De simultaneidad) =  $(45.750 \text{ W} * 0,6) = 27.450 \text{ W}$

Tensión nominal = 400 V

Conductor de cobre =  $56 \text{ m}/\text{ohm} \cdot \text{m}^2$

Longitud de la línea = 15m

Factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) = 0,8

Caída de tensión = 1,5 % La máxima tensión admisible es de 5%. → CUMPLE → 1,5 % de 400V → 6

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{27450 \cdot 15}{56 \cdot 6 \cdot 400} = 3,06 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{27450}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 49,5 \text{ A}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable tetrapolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $10 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $54 \text{ A} > 49,5 \text{ A}$ .

Conducción: XLPE2 RVFV 0,6/1KV  $6(1 \times 10,0)\text{mm}^2 + T(1 \times 10,0)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará en bandeja metálica de base perforada.

○ CUADRO 3

**CIRCUITO 3: GENERADOR DE OZONO**

Potencia = (Potencial total \* Coef. De simultaneidad) =  $(170.900\text{W} * 0,6) = 102.540 \text{ W}$

Tensión nominal =  $400 \text{ V}$

Conductor de cobre =  $56 \text{ m}/\text{ohm} \cdot \text{m}^2$

Longitud de la línea =  $15\text{m}$

Factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) =  $0,9$

Caída de tensión =  $1,5 \%$  La máxima tensión admisible es de  $5\%$ . → CUMPLE →  $1,5 \%$  de  $400\text{V}$  →  $6$

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{102540 \cdot 15}{56 \cdot 6 \cdot 400} = 11,4 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{102540}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 185,0 \text{ A}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable unipolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $35 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $200 \text{ A} > 185,0 \text{ A}$ .

Conducción: XLPE2 RVFV 0,6/1KV  $13(1 \times 35,0)\text{mm}^2 + T (1 \times 35,0)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará en bandeja metálica de base perforada.

○ CUADRO 4

**CIRCUITO 4: DESTRUCTOR DE OZONO**

Potencia = (Potencial total \* Coef. De simultaneidad) =  $(60 \text{ W} * 0,6) = 36 \text{ W}$

Tensión nominal =  $230 \text{ V}$

Conductor de cobre =  $56 \text{ m/ohm.m}^2$

Longitud de la línea =  $15\text{m}$

Factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) =  $0,9$

Caída de tensión =  $1,5\%$  La máxima tensión admisible es de  $5\%$ . → CUMPLE →  $1,5\%$   
de  $230\text{V}$  →  $3,5$

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{2 \cdot 36 \cdot 15}{56 \cdot 3,5 \cdot 230} = 0,02 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{36}{230 \cdot 0,9} = 0,29 \text{ A}$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable unipolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $1,5 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $13 \text{ A} > 0,29 \text{ A}$ .

Conducción en PVC3  $2(1 \times 1,5)\text{mm}^2 + T (1 \times 1,5)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará bajo tubo de 20 mm de diámetro en montaje superficial.

#### ○ CUADRO 5

#### **CIRCUITO 5: BIOFILTRO**

Potencia = (Potencial total \* Coef. De simultaneidad) =  $(73.750 \text{ W} * 0,6) = 44.250 \text{ W}$

Tensión nominal = 400 V

Conductor de cobre =  $56 \text{ m}/\text{ohm} \cdot \text{m}^2$

Longitud de la línea = 15m

Factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) = 0,8

Caída de tensión = 1,5 % La máxima tensión admisible es de 5%. → CUMPLE → 1,5 % de 400V → 6

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{44250 \cdot 15}{56 \cdot 6 \cdot 400} = 4,9 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{44250}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 79,8 \text{ A}$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable tetrapolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $16 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $85 \text{ A} > 79,8 \text{ A}$ .

Conducción: XLPE2 RVFV 0,6/1KV  $8(1 \times 16,0)\text{mm}^2 + T(1 \times 16,0)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará en bandeja metálica de base perforada.

**CUADRO GENERAL**

Potencia Total = 174.996 W

Tensión Nominal = 400 V

Conductor de cobre =  $56 \text{ m}/\text{ohm} \cdot \text{m}^2$

Longitud de la línea = 15m

Factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) = 0,8

Caída de tensión = 1,5 % La máxima tensión admisible es de 5%. → CUMPLE → 1,5 % de 400V → 6

Se calcula la sección del cable a continuación:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} = \frac{174996 \cdot 15}{56 \cdot 6 \cdot 400} = 19,5 \text{ mm}^2$$

Se calcula la intensidad:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} = \frac{174996}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 315,7 \text{ A}$$



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Se coloca cable tripolar de cobre con aislamiento de PVC. Según la tabla correspondiente del REBT selecciono para un cable de  $120 \text{ mm}^2$  de sección que admite  $322 \text{ A} > 315,7 \text{ A}$ .

Conducción en PVC2  $9(1 \times 120)\text{mm}^2 + T (1 \times 120)\text{mm}^2$ .

Canalización se realizará en bandeja metálica de base perforada.

## 6. DISPOSITIVOS GENERALES E INDIVIDUALES DE MANDO Y PROTECCIÓN

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección serán, como mínimo:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar.
- Un interruptor diferencial general.
- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección de sobrecargas y cortocircuitos.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.
- 

**El interruptor general automático (IGA)** Es un interruptor de corte omnipolar y tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.

Los demás interruptores automáticos y diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación.

**ICPM (Interruptor de Control de Potencia Máxima)** Estará siempre en un compartimiento aparte y precintado por la compañía suministradora. Es el encargado de evitar que se use más potencia de la que tenemos contratada con la compañía. Si conectamos muchos aparatos a la vez, y superamos el máximo que hemos contratado,



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

se dispara. Sus características, por lo tanto, dependerán del suministro que hayamos contratado.

**PIA (Pequeño Interruptor Automático)** Habrá un PIA por cada circuito de su instalación. Con éste sistema se eliminan los fusibles. Existen circuitos independientes para cada función, y cada uno de ellos está protegido contra sobrecargas por un PIA.

Se colocan uno por cada circuito, entonces se van a colocar 5.

Tabla 6.4: Intensidades por circuito eléctrico

| CIRCUITO | TIPO                | Nº DE POLOS | INTENSIDAD (A) |
|----------|---------------------|-------------|----------------|
| 1        | Unipolar + neutro   | 2           | 10             |
| 2        | Tetrapolar + neutro | 4           | 50             |
| 3        | Tetrapolar + neutro | 4           | 200            |
| 4        | Unipolar + neutro   | 2           | 10             |
| 5        | Tetrapolar + neutro | 4           | 80             |

**ID (Interruptor Diferencial)** Es un aparato electromecánico destinado a provocar la apertura de lo contacto cuando la corriente diferencial alcanza un valor dado. El diferencial es reconocible por llevar un botón de prueba. Es el elemento más importante, puesto que es el encargado de proteger a las personas contra las descargas.

El interruptor diferencial, es un aparato diseñado para protegerle de las derivaciones que podrían producirle una descarga. Se han dado casos de fallecimientos por éste motivo.

Se colocará un diferencial en cada uno de los cuadros, como en este caso se cuenta sólo con un cuadro, se dispondrá a contar con un único interruptor diferencial.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La intensidad de los diferenciales debe ser mayor que cualquiera de los PIAS.

### 7. PUESTA O CONEXIÓN A TIERRA

Es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se debe conseguir que el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximas del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las descarga de origen atmosférico.

De acuerdo con el Reglamento Electrónico de Baja Tensión, se calcula el número de picas en función de la conductividad del terreno y la longitud de las mismas según la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{L}$$

R, es la resistencia máxima en  $\Omega = 30 \Omega$ .

p, es la resistividad del terreno en  $\Omega m = 200 \Omega m$ .

L, es la longitud de la pica (m).

Nos da una longitud de la pica de 6,67m, como las picas son de 2m colocaremos 4 picas de 14 mm<sup>2</sup>. Se instalará anillo de cobre para la puesta a tierra para una mayor seguridad.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 6. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 8. POTENCIA A CONTRATAR

El suministro normal de energía está garantizado por la empresa suministradora de la zona. Siendo la compañía IBERDROLA.

El suministro es en media tensión y a partir del centro de transformación existente la tensión es de 3 x 400/230 entre fases activas y entre fases y neutro respectivamente, con frecuencia de 50 Hz.

### 9. NORMAS Y REFERENCIAS

Para la realización de este anejo se ha tenido en cuenta la siguiente normativa de aplicación:

- Reglamento electrotécnico para baja Tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias (RD.832/2002) (ITC-BT).
- Normas UNE indicadas en el REBT.
- Normas tecnológicas de la edificación (NTE).
- Normas de protección contra incendios (NBE-CPI-96).
- Normas particulares de la compañía Distribuidora de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 614/201, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 2018/1997, de 26 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Puntos de Medida de los consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica.

*ANEJO 7*

*INSTALACIÓN*

*SANEAMIENTO*

## ÍNDICE ANEJO 7. INSTALACIÓN SANEAMIENTO

|                                               | <i>Página</i> |
|-----------------------------------------------|---------------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> _____                  | <b>155</b>    |
| <b>2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b> _____ | <b>155</b>    |
| <b>3. DIMENSIONADO DEL SANEAMIENTO</b> _____  | <b>156</b>    |
| <b>3.1. Cálculo de sumideros</b> _____        | <b>156</b>    |
| <b>3.2. Cálculo de canalones</b> _____        | <b>157</b>    |
| <b>3.3. Cálculo de la bajante</b> _____       | <b>157</b>    |
| <b>3.4. Cálculo de la arqueta</b> _____       | <b>158</b>    |
| <b>3.5. Cálculo de colectores</b> _____       | <b>158</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se va a calcular las necesidades de saneamiento para la implantación de este proyecto en la Industria Papelera.

Teniendo en cuenta la norma CTE de salubridad, en el apartado DB-HS 5 para la evacuación de aguas pluviales, se dimensionará la red de saneamiento vertical y horizontal de la nave.

El material empleado para las tuberías de evacuación va a ser PVC, cumpliendo con las normas UNE 53.114 Y UNE-EN 1401.

### 2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

#### 2.1. Red de evacuación de aguas pluviales

Para la evacuación de aguas pluviales se va a disponer de los siguientes elementos:

- Canalones
- Bajantes
- Arquetas
- Colectores

Las aguas son recogidas en canalones que son desaguados por medio de bajantes que finalmente vierten a unas arquetas situadas a pie de bajante.

Para realizar este dimensionado, es necesario tener en cuenta la intensidad pluviométrica media de la zona geográfica, siendo este valor igual a 560 mm anuales, recogido por la Junta de Castilla y León.

De acuerdo con las recomendaciones respecto a la separación entre bajantes y a la pendiente del canalón, se opta por un sistema de desagüe de aguas pluviales



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

compuesto por canalones de PVC de sección semicircular y bajantes de PVC de sección circular cuya localización podemos ver en el plano de saneamiento.

Las aguas pluviales que llegan a los viales y a las zonas verdes son evacuadas mediante arquetas sumidero, distribuidas convenientemente en el exterior de la industria.

Se considera a la red vertical de saneamiento a la que va desde los canalones de recogida hasta las bajantes. Se define al canalón como elemento de obra que se sitúa en las vertientes de un tejado para recoger las aguas de lluvia, y se define bajante como una tubería vertical que recoge el agua de los canalones, y en este caso es dirigida hasta las arquetas.

En total para este proyecto contaremos con 2 bajantes.

### 3. DIMENSIONADO DEL SANEAMIENTO

#### 3.1. Cálculo de sumideros

En número de sumideros se calculará en función de la superficie proyectada horizontalmente a la que sirve, para ello se hace uso de la siguiente tabla obtenida del CTE- DB-HS 5.

Tabla 7.1: Número de sumideros en función de la superficie de la cubierta

| Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) | Número de sumideros       |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| S < 100                                                           | 2                         |
| 100 ≤ S < 200                                                     | 3                         |
| 200 ≤ S < 500                                                     | 4                         |
| S > 500                                                           | 1 cada 150 m <sup>2</sup> |

Por lo tanto, como nuestra superficie proyectada horizontalmente es de 76,5 m<sup>2</sup>, contará el presente proyecto con 2 sumideros.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

### 3.2. Cálculo de canalones

En la determinación de la sección de los canalones se debe tener en cuenta el índice pluviométrico de la zona y la superficie de la cubierta deseada. Estos canalones están fijados al material de cubierta por abrazaderas.

Tabla 7.2: Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) |     |     |     | Diámetro nominal del canalón (mm) |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| Pendiente del canalón                                                    |     |     |     |                                   |
| 5%                                                                       | 1%  | 2%  | 4%  |                                   |
| 35                                                                       | 45  | 65  | 95  | 100                               |
| 60                                                                       | 80  | 115 | 165 | 125                               |
| 90                                                                       | 125 | 175 | 255 | 150                               |
| 185                                                                      | 260 | 370 | 520 | 200                               |
| 335                                                                      | 475 | 670 | 930 | 250                               |

Como la pendiente de nuestro canalón es de 2% y nuestra superficie proyectada es de 76,5m<sup>2</sup>, el diámetro nominal es de 125mm.

### 3.3. Cálculo de la bajante

Las bajantes de sección circular conducen el agua de los canalones hacia la red de saneamiento horizontal, las bajantes son de PVC.

Cada bajante está sujeta al muro exterior mediante abrazaderas y tiene a su fin una arqueta cuyos materiales de construcción son a base de ladrillo y mortero de cemento.

El diámetro de la bajante se calcula teniendo en cuenta la superficie máxima de la cubierta en proyección horizontal que vierte a esa bajante y la zona pluviométrica en la que se encuentra la industria, para ello se hace uso de la siguiente tabla obtenida del CTE- SB-HS.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Tabla 7.3: Diámetro de la bajante en función de la superficie en proyección horizontal

| Diámetro nominal bajante, mm | Superficie en proyección horizontal servida, m <sup>2</sup> |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 50                           | 20                                                          |
| 63                           | 75                                                          |
| 75                           | 177                                                         |
| 90                           | 318                                                         |
| 110                          | 580                                                         |
| 125                          | 805                                                         |
| 160                          | 1.544                                                       |
| 200                          | 2.700                                                       |

Como la superficie en proyección horizontal servida es de 76,5m<sup>2</sup> el diámetro nominal de la bajante es de 75mm, siempre se trabaja hacia el lado de la seguridad.

#### 3.4. Cálculo de la arqueta

Se define una arqueta como un pequeño depósito utilizado para recibir, enlazar y distribuir canalizaciones o conductos subterráneos; suelen estar enterradas y tienen una tapa superior para evitar accidentes y poder limpiar su interior de impurezas.

Las arquetas se sitúan en los puntos donde confluyen dos o más colectores, donde se producen cambios de dirección de estos y a pie de bajante.

Las arquetas van a ser dimensionadas en función del diámetro del colector de salida, del diámetro de las bajantes o del diámetro de las tuberías que desemboquen en ella, según lo correspondiente en el DB-HS.

La arqueta de bajante tiene unas dimensiones de 40x40cm.

#### 3.5. Cálculo de colectores

Los colectores van a ser enterrados, la unión de la bajante con el colector debe ser por medio de una arqueta de pie de bajante que no debe ser sinfónica.

Los colectores se calculan a sección llena en régimen permanente.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 7. INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO

Va a depender su sección de la pendiente y la superficie proyectada horizontalmente, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7.4: Diámetro colectores de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

| Superficie proyectada (m <sup>2</sup> )<br>Pendiente del colector |      |      | Diámetro nominal<br>del colector (mm) |
|-------------------------------------------------------------------|------|------|---------------------------------------|
| 1%                                                                | 2%   | 4%   |                                       |
| 125                                                               | 178  | 253  | 90                                    |
| 229                                                               | 323  | 458  | 110                                   |
| 310                                                               | 440  | 620  | 125                                   |
| 614                                                               | 862  | 1228 | 160                                   |
| 1070                                                              | 1510 | 2140 | 200                                   |
| 1920                                                              | 2710 | 3850 | 250                                   |
| 2016                                                              | 4589 | 6500 | 315                                   |

Como tengo una pendiente del 2% y una superficie de 76,5m<sup>2</sup> el diámetro nominal del colector es de 90 mm.

Las tuberías o canalones a utilizar serán de PVC, mientras que las bajantes tendrán un diámetro de 75 mm, para que no se colapse el agua en las entradas de las bajantes. Las bajantes se han de disponer como mucho a una distancia de 25 metros entre ellas. En nuestra nave se dispondrán cada 15m. Va a haber 1 bajantes en cada lado de la nave 1 en el lado Oeste y 1 en el lado Este.

A nivel del suelo y a pie de la bajante se dispondrán arquetas de fábrica con unas dimensiones de 40 x 40 cm conectadas a la red de pluviales del municipio. Las pendientes serán en todo caso mayores del 1 %. En este proyecto, las pendientes de las aguas pluviales será de 2% y las tuberías que unen las arquetas de recogida de pluviales tendrán un diámetro de 75 mm.

*ANEJO 8*

*INSTALACIÓN DE*

*PROTECCIÓN CONTRA*

*INCENDIOS*

## ÍNDICE ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

|                                                                                                                                | <i>Página</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> _____                                                                                                   | <b>160</b>    |
| <b>2. CARACTERIZACIÓN DE LA NAVE EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS</b> _____                                       | <b>160</b>    |
| <b>3. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LA NAVE INDUSTRIAL SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INSTRÍNSECO</b> _____ | <b>163</b>    |
| <b>3.1. Sectorización del establecimiento industrial</b> _____                                                                 | <b>163</b>    |
| <b>3.2. Materiales</b> _____                                                                                                   | <b>163</b>    |
| <b>3.2. Resistencia al fuego de elementos constructivos portantes</b> _____                                                    | <b>164</b>    |
| <b>3.3. Evacuación de naves industriales</b> _____                                                                             | <b>165</b>    |
| <b>3.4. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales</b> _____          | <b>166</b>    |
| <b>Sistemas de bocas de incendio equipadas</b> _____                                                                           | <b>167</b>    |
| ❖ Condiciones normativas para la implantación del alumbrado de emergencia _____                                                | <b>167</b>    |
| ❖ Condiciones técnica que debe cumplir el sistema de alumbrado _____                                                           | <b>167</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente Anejo es la justificación de las distintas características técnicas de la instalación de protección contra incendios, así como las condiciones y medidas de seguridad que aseguren el buen funcionamiento de dicha instalación.

Para ello se tendrá en cuenta:

- Real Decreto 2177/1996 de 4 de octubre por el que se aprueba la NBE- CPI - 96: condiciones de protección contra incendios en los edificios.

- Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

### 2. CARACTERIZACIÓN DE LA NAVE EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

#### Caracterización de la nave

Según el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, que dirige sus objetivos a la protección contra el incendio una vez declarado éste, las medidas dirigidas a evitar las causas que pueden originarlo son materia propia de la reglamentación.

La nave se caracteriza por:

- Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- Su nivel de riesgo intrínseco.

Estas características se definen a continuación.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Características de la nave por su configuración y ubicación con relación a su entorno

Según las características de estos establecimientos y ubicación en el entorno, la instalación está dentro del *Tipo C* que define el reglamento.

Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco

Considero para el cálculo de la densidad de carga de fuego, una única área funcional, ya que dentro de la nave no se distinguen diferentes áreas de trabajo.

Para lo cual aplico la fórmula siguiente:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \cdot S_i \cdot h_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a$$

Donde,

$Q_s$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio, en MJ/m<sup>2</sup> o (Mcal/m<sup>2</sup>).

$C_i$  = Coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio. Su valor se deduce de la tabla 1.1 del Reglamento.

$R_a$  = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio. En este caso, se trata de una actividad de almacenamiento. Su valor se obtiene de la tabla 1.2. del Reglamento.

$h_i$  = altura de almacenamiento (m).

$A$  = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, m<sup>2</sup>, (1.400 m<sup>2</sup>).



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

$S_i$ = superficie de cada zona, como en este proyecto contamos con una nave diáfana no se diferencian dentro de la misma diferentes habitáculos, siendo el valor de la misma  $150\text{m}^2$ .

$q_{vi}$ = poder calorífico en  $\text{MJ}/\text{m}^3$  o  $\text{Mcal}/\text{m}^3$  de cada uno de los combustibles que existen en el sector de incendio. Su valor se obtiene de la tabla 1.4. del Reglamento.

En concreto para este proyecto, se considera una única área funcional, denominada como zona de almacenamiento. Por ello los valores que obtenemos según las tablas encontradas en el Reglamento, son los siguientes:

$$C_i = 1,0$$

$$R_a = 2,0$$

$q_{vi} = 400 \text{ MJ}/\text{m}^3$  para actividad "Almacenaje" según el R.D. 2267/2004.

$$h_i = 7 \text{ m.}$$

$$A = 1.400 \text{ m}^2$$

$$S_i = 150 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \cdot S_i \cdot h_i \cdot C_i}{A} \cdot R_a$$

$$Q_s = \frac{400 \cdot 150 \cdot 7 \cdot 1}{1400} \cdot 2 = 900 \text{ MJ}/\text{m}^2$$

Según la tabla 1.3 del Reglamento y los datos obtenidos, se establece un Nivel de Riesgo Intrínseco Bajo de Categoría 2.



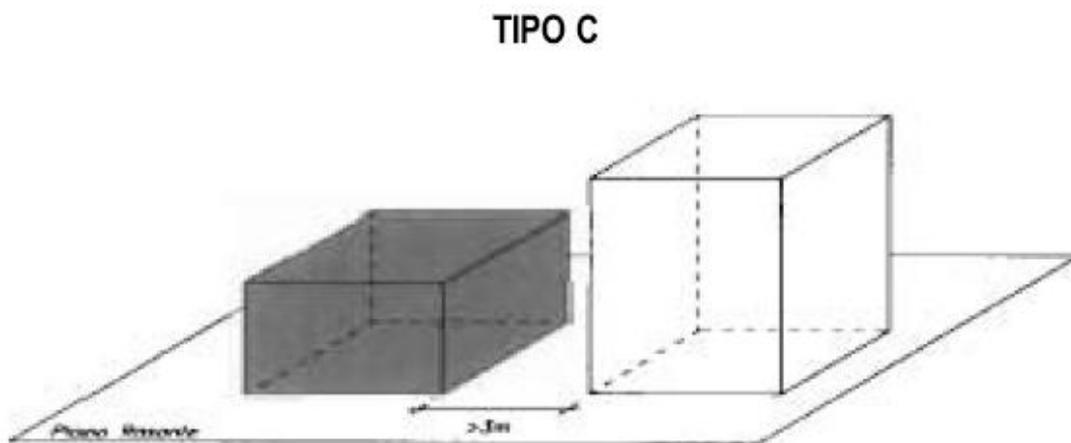
DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### 3. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LA NAVE INDUSTRIAL SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INSTRÍNSECO

#### 3.1. Sectorización del establecimiento industrial

Atendiendo a que el edificio en cuestión es de tipo C, y en función del nivel de riesgo intrínseco obtenido, el edificio constituirá un único sector de incendio, dado que no se supera la máxima superficie construida admisible para dicho sector (6000 m<sup>2</sup> según la tabla 2.1).



#### 3.2. Materiales

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE 23727.

Los productos utilizados como revestimiento o acabado superficial son:



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- Suelos: se dispondrá en toda la nave de una capa de hormigón de 10 cm de espesor, colocada desde la cota superior de las zapatas para mantener la nave a cierta altura y evitar lo más posible un ascenso de humedad proveniente del suelo. Para evitar esto también se colocará una capa de polietileno de 2 cm encima de una de zahorra de 40 cm de espesor.
- Paredes: el cerramiento en toda la nave va a ser igual, no se encuentran diferenciadas zonas, ya que esta nave sólo tiene objetivo final el almacenamiento del sistema a implantar. Estos se caracterizan por un cerramiento de hormigón prefabricado de 10 cm de espesor.

### **3.2. Resistencia al fuego de elementos constructivos portantes**

La estabilidad al fuego de los elementos estructurales con función portante tendrá un valor igual o superior al indicado en la tabla 2.2. El Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales. Por lo que la estructura principal tendrá una estabilidad al fuego EF-30, considerando la nave tipo C y ubicación sobre rasante, con un nivel de riesgo intrínseco de grado bajo.

#### **Resistencia al fuego de los elementos constructivos de cerramiento**

Las exigencias para los elementos constructivos de cerramiento, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Capacidad portante R.
- Integridad al paso de llamas y gases calientes E.
- Aislamiento térmico I.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La resistencia al fuego de los elementos constructivos delimitadores de un sector de incendio respecto de otros no será inferior a la estabilidad al fuego exigida para los elementos constructivos con función portante en dicho sector de incendio.

### 3.3. Evacuación de naves industriales

Espacio exterior seguro, es el espacio al aire libre que permite que los ocupantes de un local o edificio puedan llegar, a través de él, a una vía pública o posibilitar el acceso al edificio a los medios de ayuda exterior.

Para la aplicación de las exigencias relativas a la evacuación de las naves industriales, se determinará la ocupación de los mismos, P, por la siguiente expresión:

$$P = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100$$

$$P = 1,10 \times 2 = 2,2$$

Donde p representa el número de personas que constituyen la plantilla que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad. Para este proyecto en concreto no se va a contar con una plantilla fija de trabajo en la misma, pero en caso de que se estén llevando las revisiones de mantenimiento o limpieza, se puede contar con un número total de 2 personas.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

### **Condiciones de evacuación que se deben cumplir**

#### *Elementos de la evacuación*

- Se considera origen de evacuación a todo punto ocupable.
- La longitud de los recorridos de evacuación se medirá sobre el eje.
- Se considera altura de evacuación, a la mayor diferencia de cotas entre cualquier origen de evacuación y la salida del edificio que le corresponda.
- Salidas de recinto, que es una puerta o un paso que conducen, bien directamente, o bien a través de otros recintos, hacia una salida de planta y, en último término, hacia una del edificio.

#### *Número y disposición de las salidas*

Nuestro recinto dispondrá de una única salida, que corresponde con la puerta de acceso a la nave. Por lo que existirá una salida de sentido único.

### **3.4. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales**

#### **Sistema de alarma de incendios**

En este proyecto no será necesario de colocación de sistema de alarma debido a que es una industria pequeña en cuanto a superficie construida y a personal que puede alojar.

#### **Extintores de incendios**

Se dispondrá de extintores en número suficiente para el recorrido real desde cualquier origen de evacuación hasta un extintor no supere los 15m.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se colocará con un único extintor de 12 kg de polvo ABC distribuido en la nave.

### **Sistemas de bocas de incendio equipadas**

En cumplimiento con lo establecido en el reglamento, no será necesaria la instalación de bocas de incendio equipadas, dado que no se superan los 300 m<sup>2</sup> de superficie construida.

Además, como la implantación del proyecto se va a realizar dentro de una industria actualmente en funcionamiento, la cual cuenta con sistemas de boca de incendios distribuidas por la parcela no será necesario de su instalación dentro de la nave a ejecutar en este proyecto.

### **Señalización y alumbrado de evacuación**

#### **❖ Condiciones normativas para la implantación del alumbrado de emergencia**

Los edificios industriales deben constar de una instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación, si están situados en una planta sobre rasante, la ocupación "P" es mayor o igual de 2 personas y además su nivel de riesgo intrínseco es bajo.

Por lo tanto en nuestra nave será necesario que haya alumbrado de emergencia.

Se colocarán 5 luminarias de emergencia distribuidas por la nave. Como se muestra en el plano correspondiente.

Las luminarias de emergencias serán rectangular fluorescente tubo compacto para una potencia de 8w, con un índice de protección de 22, flujo luminoso 240 lúmenes, superficie cubierta 36m<sup>2</sup>; incluida lámpara; instalación empotrada según reglamento de baja tensión, incluso conexión y fijación.

#### **❖ Condiciones técnica que debe cumplir el sistema de alumbrado**

La instalación de los sistemas de alumbrado de emergencia cumplirá las siguientes condiciones:



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 8. INSTALACIÓN PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- Será fija, estará provista de fuente propia de energía y entrará automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo en el del 70 % de su tensión nominal de servicio.
- Mantendrá las condiciones de servicio, que se relacionan a continuación, durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- Proporcionará una iluminancia de 1 lux, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- La iluminancia será, como mínimo, de 5 lux en los locales o espacios donde estén instalados: cuadros, centros de control o mandos de las instalaciones técnicas de servicios, o de los procesos que se desarrollan en el establecimiento industrial y en los locales o espacios donde estén instalados los equipos centrales o los cuadros de control de los sistemas de protección contra incendios.
- La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima sea menor que 40.
- Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprenda la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

*ANEJO 9*  
*PROTECCIÓN CONTRA*  
*EL RUIDO*

**ÍNDICE ANEJO 9. PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO**

|                              | <i>Página</i> |
|------------------------------|---------------|
| <b>1. ANTECEDENTES</b> _____ | <b>170</b>    |
| <b>2. CONCLUSIÓN</b> _____   | <b>170</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 9. PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO

### 1. ANTECEDENTES

El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, en el punto 1 del Artículo 2 del Capítulo 1 de la Parte I dice lo siguiente: *el CTE será de aplicación, en los términos establecidos en la LOE y con las limitaciones que en el mismo se determinan, a las edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen disponer de la correspondiente licencia a autorización legalmente exigible.*

Además, en el punto 2 del Artículo 2 del Capítulo 1 de la Parte I dice lo siguiente: *el CTE se aplicará a las obras de edificación de nueva construcción, excepto a aquellas construcciones de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, ya sea de forma eventual o permanente, que se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas.*

El punto 1 del Artículo 14 del Capítulo 3 de la Parte I trata de las Exigencias básicas de protección frente al ruido (HR), y en él se dice que: *“El objetivo del requisito básico «Protección frente al ruido» consiste en limitar dentro de los edificios, y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.”*

### 2. CONCLUSIÓN

Para llevar a cabo la ejecución del presente proyecto se tendrá en cuenta un estudio contra el ruido, por ello, el sistema generación de ozono se ubicará dentro de la nave de almacenamiento para así evitar la transmisión del ruido, evitando así una contaminación acústica y los problemas que causa la misma. Además, a la salida de las bombas se instalarán conectores flexibles para atenuar la transmisión del ruido y las vibraciones a lo largo de la red de distribución. Dichos conectores serán adecuados al tipo de tubo y al lugar de su instalación.

*ANEJO 10*  
*PLANIFICACIÓN*  
*DE LA OBRA*

**ÍNDICE ANEJO 10. PLAFINICACIÓN DE LA OBRA**

|                                             | <i>Página</i> |
|---------------------------------------------|---------------|
| <b>1. PLANIFICACIÓN</b> _____               | <b>170</b>    |
| <b>2. DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN</b> _____ | <b>170</b>    |
| <b>3. DIAGRAMA DE GANTT</b> _____           | <b>171</b>    |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 10. PLANIFICACIÓN DE LA OBRA

## 1. PLANIFICACIÓN

El presente proyecto se ejecutará en una fase.

El inicio de las obras se realizará a comienzos de Mayo del año 2016, estimando una duración máxima para terminar todas las obras de 5 meses.

Para la realización de la planificación se establece en el Diagrama de Gantt, que se encuentra definido a continuación.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCIÓN

En la 1ª quincena de Mayo se llevará a cabo el movimiento de tierras.

En la 2ª quincena de Mayo se realizará la instalación de la red general de saneamiento y de electricidad.

En el mes de Junio se realizará la cimentación, la instalación de la estructura metálica y cubierta.

En el mes de Julio, se terminará la obra con la instalación de los cerramientos y con el solado de la nave. Se llevará a cabo la instalación de carpintería, la instalación eléctrica y la instalación del sistema contra incendios.

Una vez finalizada la obra civil, a principios de Agosto, se procederá a la instalación de los motores (bombas) necesarias para la instalación.

Durante el mes de Agosto se llevará a cabo la instalación del sistema, es decir, la colocación de los tanques y las tuberías.

En la 1ª quincena de Septiembre se llevará a cabo la instalación de la maquinaria y la comprobación de funcionamiento de la instalación.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 10. PLANIFICACIÓN DE LA OBRA

Para concluir las obras, no se puede concretar una fecha exactamente, ya que puede haber alguna inestabilidad de ejecución. Sin embargo, se apunta una fecha más probable hacia mitad o incluso final de Septiembre.

Las obras se realizarán siempre con las condiciones adecuadas para cada trabajo, nunca se realizará una labor si las condiciones meteorológicas no son adecuadas, para que finalice con el nivel de calidad acorde a una inversión de este tipo.

### **3. DIAGRAMA DE GANTT**

Este diagrama consiste en una representación gráfica y simultánea tanto de planificación como de programación concreta del proyecto.

Mediante su uso se puede representar y monitorizar el desarrollo de las distintas actividades de un proyecto durante un periodo de tiempo.

Básicamente el diagrama está compuesto por un eje vertical donde se establecen las actividades que constituyen el trabajo que se va a ejecutar, y un eje horizontal que muestra en un calendario la duración de cada una de ellas.

A continuación, se encuentra la representación del diagrama de Gantt para el presente proyecto.



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

ANEJO 10. PLANIFICACIÓN DE LA OBRA

Tabla 10.1: Diagrama de Gantt

|                                |                       | PLANIFICACIÓN DE TIEMPOS DE EJECUCION DE LAS FASES DE LA OBRA |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------|----|----|----|-------|----|----|----|-------|----|----|----|--------|----|----|----|------------|----|----|----|--|
| ACTIVIDAD                      | PLAZO<br>(nº semanas) | MAYO                                                          |    |    |    | JUNIO |    |    |    | JULIO |    |    |    | AGOSTO |    |    |    | SEPTIEMBRE |    |    |    |  |
|                                |                       | S1                                                            | S2 | S3 | S4 | S1    | S2 | S3 | S4 | S1    | S2 | S3 | S4 | S1     | S2 | S3 | S4 | S1         | S2 | S3 | S4 |  |
| Movimiento de tierras          | 2                     | ■                                                             |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Red General de saneamiento     | 1                     |                                                               |    | ■  |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Red General de Electricidad    | 1                     |                                                               |    |    | ■  |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Cimentación y estructura       | 3                     |                                                               |    |    |    | ■     |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Cubierta                       | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    | ■  |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Cerramientos                   | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    | ■     |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Solado                         | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       | ■  |    |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Carpintería                    | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    | ■  |    |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Instalación Eléctrica          | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    | ■  |        |    |    |    |            |    |    |    |  |
| Instalación contra incendios   | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        | ■  |    |    |            |    |    |    |  |
| Instalación motores            | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    | ■  |    |            |    |    |    |  |
| Instalación Sistema y tuberías | 3                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    | ■  |            |    |    |    |  |
| Instalación Maquinaria         | 1                     |                                                               |    |    |    |       |    |    |    |       |    |    |    |        |    |    |    |            |    |    | ■  |  |

*ANEJO 11*  
*ESTUDIO GEOTÉCNICO*



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 11. ESTUDIO GEOTÉCNICO

La nueva construcción del presente proyecto se va a llevar a cabo en la parcela de la industria papelera de la localidad de Almazán, Soria. Haciéndose uso de un total de 1.400 m<sup>2</sup>.

Según el Código Técnico de Edificación (CTE) DB-SE-C, se trata de un proyecto de actuación C-1, es decir, construcción de menos de cuatro plantas, y T-1, terrenos favorables: aquellos con poca variabilidad y en los que la práctica habitual en la zona es de cimentación directa mediante elementos aislados.

El objeto del estudio geotécnico consiste en la determinación de las características litológicas del subsuelo, a fin de obtener parámetros geotécnicos para el correcto diseño de la cimentación.

El Ayuntamiento de Almazán, promotor de la zona industrial, en la cual se va a implantar el presente proyecto; en su día se llevó a cabo el Estudio Geotécnico que ha consistido en tres calicatas excavadoras sobre una superficie de 2x1 metro y una profundidad de 1,5 metros, en el centro de la parcela donde se encuentra ubicada la industria papelera.

Por lo tanto, se llega a la conclusión de que el suelo sobre el que se asienta la edificación objeto del presente proyecto, es de tipo arcilloso semiduro sobre una roca de gran consistencia y resistencia en 3-4 kg/cm<sup>2</sup>, siendo siempre superior a la tensión de cálculo, siendo igual a 2 kg/cm<sup>2</sup>.

En las calicatas no se detectó la capa freática, acto más que predecible debido a la ubicación de la misma.

*ANEJO 12*

*ESTUDIO DE*

*IMPACTO AMBIENTAL*

**ÍNDICE ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

|                                                                                            | <i>Página</i> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>1. OBJETIVOS DEL PROYECTO _____</b>                                                     | <b>174</b>    |
| <b>2. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SALUBRIDAD Y EL MEDIO<br/>AMBIENTE _____</b> | <b>174</b>    |
| <b>3. EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS _____</b>                                        | <b>177</b>    |
| <b>4. MEDIDAS CORRECTORAS _____</b>                                                        | <b>179</b>    |
| <b>5. OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS _____</b>                                                  | <b>180</b>    |
| <b>6. GRADO DE SEGURIDAD DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS _____</b>                              | <b>182</b>    |
| <b>7. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA _____</b>                                               | <b>182</b>    |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El presente anejo de Estudio de Impacto Ambiental se redacta con el fin de identificar la incidencia de la actividad, de la elaboración, sobre la salubridad y el medio ambiente, riesgos potenciales para personas o bienes y medidas correctoras.

Para la ejecución de este anejo se debe tener en cuenta el cumplimiento de la Ley 3/2005 de 23 de Mayo, de Prevención Ambiental de Castilla y León relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación que ha sido incorporada recientemente en la normativa básica del Estado.

### **1. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

En este anejo se estudiará los posibles efectos medioambientales que podría tener la construcción de una nave junto con la línea de tratamiento terciario compuesta de un reactor de ozonización y un biofiltro en la Industria Papelera, en Almazán, Soria; tanto durante su etapa de construcción como su efecto durante el funcionamiento de la misma. A su vez se incorporarán una serie de acciones que se llevarán a cabo para prevenir y corregir dichos efectos.

El objetivo principal que presenta este proyecto, como ya he indicado anteriormente, es el tratamiento del agua efluente de la papelera para realizar un vertido con los límites establecidos de acuerdo con la legislación vigente.

### **2. IDENTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SALUBRIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE**

La actividad que lleva a cabo el presente proyecto, consiste en la elaboración de una nave en la cual se va a implantar un tratamiento de aguas residuales de una industria



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

papelera, siendo esta causante de varios factores sobre diferentes aspectos como son el suelo, la flora, la fauna, el aire, el agua y el ruido generado tanto durante la construcción de la misma como en el funcionamiento.

Para ello haré la siguiente clasificación, estudiando por una parte el impacto durante la construcción y por otra el impacto durante el funcionamiento.

### **2.1. Durante la construcción**

Existe una serie de acciones que se llevan a cabo durante la construcción del proyecto que causan una serie de efectos sobre el medio ambiente.

A continuación se indican el tipo de acciones que dan lugar a impacto.

- Movimiento de tierras
- Polución causada por el transporte de mercancías
- Ruido de maquinaria

### **2.2. Durante el funcionamiento**

Existiendo una serie de acciones que se llevan a cabo durante el funcionamiento del proyecto que causan una serie de efectos sobre el medio ambiente.

A continuación se indican el tipo de acciones que dan lugar a impacto.

- Consumo de energía eléctrica
- Ruido generado por la maquinaria en funcionamiento.
- Posible impacto visual



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### 2.3. Efectos afectados

Existe una serie de efectos susceptibles de recibir impacto, estos se presentan definidos a continuación.

– SUELO

Puede verse afectado debido al movimiento de las tierras, excavaciones para las zanjas, etc. También se pueden ver afectados por fugas y derrames que puedan surgir en la planta.

– FLORA Y FAUNA

Pueden verse afectados ya que se produce una modificación sobre el ecosistema, pero además cabe destacar que la ubicación en la cual se va a implantar. Este proyecto no presenta ningún ecosistema sensible o protegido, por lo que consideramos que su impacto sobre la flora y fauna va a ser mínimo.

– AIRE

Puede verse afectado debido a las emisiones de CO<sub>2</sub> de la maquinaria empleada durante la construcción de proyecto y de emisiones de polvo debidas al movimiento de tierras y por alguna fuga de ozono tanto en el generador como en el reactor del mismo.

– PERCEPCIÓN ACÚSTICA

Existe la posibilidad de crear una sensibilidad acústica, o más bien conocida como contaminación acústica, la cual se ve afectada por el uso de maquinaria durante la construcción, y de los equipos de impulsión necesarios durante el funcionamiento de la planta. El nivel que se puede alcanzar a una distancia de 1m no será superior a 90 dB, por lo que no requiere de gran importancia puesto que las viviendas no se encuentran próximas a la ubicación.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 12. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### – PERCEPCIÓN VISUAL

El impacto visual generado por la implantación de este proyecto no requiere de gran importancia, ya que la zona en la que se va a ubicar es una zona industrial no es catalogada como punto de interés paisajístico.

### **3. EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES IMPACTOS**

La ejecución de este proyecto ocasiona una serie de posibles impactos, para ello realizamos una matriz de Leopold, uno de los métodos que empleamos para la Evaluación de Impacto Ambiental. Esta matriz fue el primer método utilizado para hacer estos estudios en 1971, por el Servicio Geológico de los Estados Unidos.

Este sistema utiliza un cuadro de doble entrada (matriz), indicando en las columnas las acciones humanas que pueden alterar el sistemas, y en las filas se indica las características del medio que pueden verse alteradas. En cada cuadro de la matriz indicamos, en la parte izquierda la Magnitud de Impacto, y en la derecha se representa la Importancia.

Por lo que llevamos a cabo la matriz a este proyecto, en concreto obtenemos el siguiente resultado representado en la tabla 12.1.



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

ANEJO 10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

*Tabla 12.1: Matriz de Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental*

| Actuaciones<br>Elementos                      |                             | EXCAVACIÓN | CIMENTACIÓN | CONSTRUCCIÓN | RUIDOS<br>(equipos<br>de<br>impulsión) | REACTOR<br>DE<br>OZONIZACIÓN | TOTAL     |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------|--------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------|
| <b>Características<br/>físicas y químicas</b> | <b>TIERRA</b>               | 3<br>5     | 2<br>10     | 1<br>10      |                                        |                              | 6<br>25   |
|                                               | <b>AGUA</b>                 | 1<br>6     |             |              |                                        |                              | 1<br>6    |
|                                               | <b>AIRE</b>                 | 1<br>8     |             |              |                                        | 2<br>10                      | 3<br>18   |
| <b>Características<br/>biológicas</b>         | <b>FLORA</b>                | 2<br>10    |             | 3<br>3       |                                        |                              | 5<br>13   |
|                                               | <b>FAUNA</b>                | 3<br>7     | 2<br>2      | 1<br>1       | 1<br>1                                 |                              | 7<br>11   |
| <b>Factores<br/>culturales</b>                | <b>USOS DEL<br/>SUELO</b>   |            | 2<br>10     | 1<br>10      |                                        |                              | 3<br>20   |
|                                               | <b>INTERÉS<br/>ESTÉTICO</b> | 2<br>7     | 3<br>7      | 1<br>8       |                                        |                              | 6<br>22   |
| <b>TOTAL</b>                                  |                             | 12<br>43   | 9<br>29     | 7<br>32      | 1<br>1                                 | 2<br>5                       | 62<br>231 |

De la matriz de Leopold se deduce que el aire es uno de los medios afectados, pero no siendo uno de los valores relevantes. El suelo se ve sometido a un gran impacto puesto que se requiere de excavaciones y ocupación del mismo para llevar a cabo la ejecución de este proyecto, teniendo en cuenta que es un impacto mínimo en relación a la calidad de la que se trata el suelo. También contamos con un elevado impacto de impacto acústico provocado por los equipos de impulsión.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Concluyendo con un sumatorio total que indica que la magnitud es relativamente mínima en relación con la importancia, por lo que cabe destacar que la implantación de este proyecto tendrá un Impacto Ambiental mínimo siempre y cuando no se produzcan fugas en los sistemas de la planta, ni durante la ejecución de la obra de instalación.

### **4. MEDIDAS CORRECTORAS**

A continuación se mencionan las medidas correctoras que se han tenido en cuenta con la implantación del presente proyecto, de acuerdo con la legislación vigente de la Ley 3/2005 de 23 de Mayo, de Prevención Ambiental de Castilla y León.

En concreto, las medidas correctoras a implantar en el proyecto se entienden como las modificaciones a las que se ve sometido un proyecto para evitar, reducir, modificar o compensar el efecto del mismo en el medio, siendo a su vez técnicamente factibles y económicamente viables, además de adecuarse a las distintas fases.

Una vez identificados los impactos ambientales, se deben de llevar a cabo medidas necesarias para disminuir tales efectos nocivos sobre el medio.

En primer lugar, el transporte de materiales para la construcción se realizará durante la noche, para evitar atascos ya que se produce un menor movimiento de vehículos, y además esto provoca un menor consumo de carburante, reduciendo así las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

En segundo lugar, se minimizará la emisión de ozono a la atmósfera teniendo un mayor tiempo de residencia en el reactor para aumentar la conversión del ozono en el mismo. Además el sistema contará con un destructor de ozono a la salida del reactor de ozonización. Todas las instalaciones contarán con un sistema de control preciso que irá digitalizada a un ordenador donde se indicará la orden y emitirá una alarma si se produce alguna fuga o avería en el sistema.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En tercer lugar, contaremos con un diseño de espesores donde contaremos con un espesor de diseño mecánico más un espesor de corrosión adicional para reducir el riesgo de fugas.

En cuarto lugar, los equipos de impulsión serán aislados acústicamente. Este aislante consiste en una base de hormigón sobre la cual se asentarán los equipos y así disminuir las vibraciones durante su funcionamiento. En este punto de trabajo, además, los trabajadores deberán de contar con protección auditiva. Además los equipos a instalar han sido calculados en función de las condiciones requeridas, procediendo posteriormente a la elección en el mercado de los más adecuados siempre y cuando estos cumplan y superen las limitaciones exigidas en el diseño de los mismos.

En quinto y último lugar, todos los residuos sólidos generados durante la construcción de la planta serán minimizados, reutilizados o valorizados en la medida de lo posible. Teniendo en cuenta, que durante el funcionamiento de la planta la producción de residuos será escasa.

### **5. OTRAS MEDIDAS CORRECTORAS**

Además se han considerado las siguientes medidas complementarias, a esta actividad industrial:

1. No se sobrecargarán las estructuras sometidas a esfuerzos por encima del límite compatible con su seguridad.
2. Las vías de tránsito y espacios entre maquinarias tendrán la amplitud reglamentaria.
3. Las puertas exteriores batirán hacia afuera y no serán de vaivén.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

4. Las superficies iluminantes naturales o artificiales sumarán al menos 1/6 de la planta del local.
5. Las superficies iluminantes procurarán iluminación uniforme, sin reflejos ni deslumbramientos.
6. La intensidad de iluminación nunca será inferior a los mínimos reglamentarios para cada trabajo.
7. La temperatura y el grado de humedad de los locales se mantendrá dentro de los límites reglamentarios.
8. Tendrán resistencia al fuego los locales de trabajo y demás que así lo exija.
9. La resistencia al fuego de los materiales será de 3 horas como mínimo.
10. Se colocarán extintores adecuados a la naturaleza del fuego:
  - 10.1. En lugares de paso próximos a sitios de peligro.
  - 10.2. Visibles, señalizados y con fácil acceso.
  - 10.3. Existirán, como mínimo, un extintor por cada 100 m<sup>2</sup> o fracción de superficie a proteger.
11. La cantidad almacenable no excederá del máximo autorizado para materiales de riesgo equivalente.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 10. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

### **6. GRADO DE SEGURIDAD DE LAS MEDIDAS CORRECTORAS**

Es de gran importancia para el correcto funcionamiento de la planta, ya que como hemos indicado anteriormente, las fugas de ozono podrían ocasionar grandes efectos en la atmósfera ya que se trata de un gas tóxico, acarreando problemas por su gran poder oxidante.

La aplicación de las medidas correctoras anteriormente expuestas, aumentarán sensiblemente el grado de seguridad de la planta, y por lo tanto disminuirá los posibles riesgos.

### **7. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA**

Es de obligado cumplimiento la normativa vigente, en toda la industria que se cita. Se aplicarán todos los reglamentos, normas y decretos antes mencionados, que afectan a la actividad clasificada, con el fin de evitar molestias, alteración de las condiciones de salubridad, daños al medio ambiente o riesgos para las personas o bienes.

La legislación de E.I.A en Castilla y León hace referencia a la *Ley 5/1998 Evaluación de Impacto Ambiental y Auditorías Ambientales de Castilla y León*, la cual ha sido corregida, y actualmente se ha tenido en cuenta el Decreto Legislativo 1/2000, BOCYL 214 del 6 de Noviembre de 2000.

*ANEJO 13*

*ESTUDIO DE*

*SEGURIDAD Y SALUD*

## ÍNDICE ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Página

|                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>                       | <b>183</b> |
| <b>2. DESIGNACIÓN DE LOS COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD</b> | <b>184</b> |
| <b>3. OBLIGATORIEDAD DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>                  | <b>185</b> |

### **CAPÍTULO 1**

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL SISTEMA A INSTALAR</b>      | <b>186</b> |
| <b>1. ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LOS COMPUESTOS</b>            | <b>186</b> |
| 1.1. Ozono                                                      | 186        |
| 1.2. Oxígeno licuado                                            | 189        |
| <b>2. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS</b>                               | <b>191</b> |
| <b>3. PELIGROSIDAD DE LOS EQUIPOS Y PROTECCIÓN EN LA PLANTA</b> | <b>194</b> |
| 3.1. Análisis de HAZOP                                          | 195        |

### **CAPÍTULO 2**

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA NAVE</b>             | <b>200</b> |
| <b>1. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE OBRA</b>                     | <b>200</b> |
| <b>2. PRINCIPIOS GENERALES</b>                             | <b>200</b> |
| <b>3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS</b>                           | <b>202</b> |
| <b>4. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS</b>                          | <b>203</b> |
| <b>5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN</b>                            | <b>205</b> |
| <b>6. APLICACIÓN DE LA SEGURIDAD AL PROCESO PRODUCTIVO</b> | <b>208</b> |
| 6.1. EXCAVACIONES. MOVIMIENTO DE TIERRAS                   | 208        |
| 6.2. CIMENTACIONES                                         | 212        |
| 6.3. ALBAÑILERÍA                                           | 215        |

|      |                                                                                |            |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.4. | SOLADOS                                                                        | 218        |
| 6.5. | CARGA Y DESCARGA                                                               | 221        |
| 6.6. | HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA DE OBRA                                              | 223        |
| 6.7. | INSTALACIONES DE SANEAMIENTOS                                                  | 228        |
| 6.8. | INSTALACIÓN ELÉCTRICA                                                          | 230        |
| 7.   | <b>FORMACIÓN</b>                                                               | <b>239</b> |
| 8.   | <b>PRIMEROS AUXILIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS</b>                                 | <b>239</b> |
| 9.   | <b>PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS</b>                               | <b>241</b> |
| 10.  | <b>COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD</b>                             | <b>242</b> |
| 11.  | <b>DISPOSICIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE A LAS OBRAS</b> | <b>243</b> |
| 12.  | <b>OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA</b>                           | <b>243</b> |
| 13.  | <b>OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS</b>                              | <b>245</b> |
| 14.  | <b>OBLIGACIONES DEL PROMOTOR</b>                                               | <b>246</b> |
| 15.  | <b>LIBRO DE INCIDENCIAS</b>                                                    | <b>247</b> |
| 16.  | <b>PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS</b>                                            | <b>247</b> |
| 17.  | <b>DERECHOS DE LOS TRABAJADORES</b>                                            | <b>248</b> |



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta en base a las Recomendaciones para la elaboración de los Estudios de Seguridad y Salud en las obras de construcción de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, teniendo como objetivos la prevención de accidentes laborales, enfermedades profesionales y daños a terceros que las actividades y medios materiales previstos puedan ocasionar durante la ejecución del proyecto.

En el siguiente anejo se va a llevar a cabo el Estudio de Seguridad y Salud de la planta teniendo en cuenta que se trata de uno de los puntos de mayor importancia a la hora de llevar a cabo la ejecución del proyecto. Para ello haremos una división en dos capítulos, siendo en uno de ellos un estudio para el sistema a implantar, y el otro para la ejecución de la nave en la cual se va a implantar. En primer lugar vamos a describir y definir en que consiste un estudio de seguridad y salud.

#### **1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes, enfermedades profesionales y los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento.

También establece las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo su obligación de redacción de un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio en función de su propio sistema de ejecución.

Dicho plan facilitará la labor de prevención y protección profesional en el campo de la



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

prevención de riesgos laborales profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la dirección facultativa de las obras.

Los objetivos de este Estudio de Seguridad y Salud son los siguientes:

- Preservar la integridad de los trabajadores y de todas las personas del entorno.
- La organización del trabajo y útiles necesarios para la protección colectiva e individual de las personas.
- Definir las instalaciones para la higiene y bienestar de los trabajadores.
- Establecer las normas de utilización de los elementos de seguridad.
- Proporcionar a los trabajadores los elementos necesarios para el uso correcto y seguro de los útiles y maquinaria que se les encomiende.
- El transporte del personal.
- Los primeros auxilios y evacuación de heridos.
- Los Comités de Seguridad y Salud.

## **2. DESIGNACIÓN DE LOS COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

En las obras objeto de este Proyecto, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del mismo.

En este sentido, y en aplicación de lo dispuesto en el art. 3 del Real Decreto 1627/1997, el Coordinador en materia de seguridad y de salud durante la elaboración del Proyecto ha sido el Ingeniero que lo suscribe.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Si en la ejecución de la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos o tan pronto como se constate dicha circunstancia, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

La designación de los coordinadores en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra y durante la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona. La designación de los coordinadores no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

### **3. OBLIGATORIEDAD DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El Estudio de Seguridad y Salud del presente proyecto ha de redactarse, al concurrir el supuesto a) del Art. 4.1 del R.D 337/2010, de 19 de Marzo, por el que se modifica el R.D 39/1997:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.760 Euros.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente. En este proyecto en concreto se contará con la intervención de un único trabajador durante el funcionamiento del sistema una vez implantado.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.



## CAPÍTULO 1

# ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL SISTEMA A INSTALAR

En primer lugar se realiza un análisis de peligrosidad de los compuestos químicos que se utilizarán durante el proceso productivo, siendo identificados los compuestos peligrosos para el medio ambiente y para la salud de los trabajadores.

El estudio de seguridad de los equipos se lleva a cabo mediante un análisis de riesgo y operatividad denominado HAZOP.

### 1. ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD DE LOS COMPUESTOS

El análisis de peligrosidad se lleva a cabo teniendo en cuenta las hojas publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de los distintos compuestos que se emplean en la planta.

En concreto para este proyecto contamos con dos compuestos a tener en cuenta, que son el ozono y el oxígeno licuado. Los cuales se encuentran definidos a continuación.

#### 1.1. Ozono

El ozono ( $O_3$ ), como se ha comentado anteriormente, se trata de un gas incoloro o ligeramente azulado con un olor característico, ligeramente picante.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Su empleo se lleva a cabo en el reactor de ozonización para la eliminación de materia orgánica (DQO).

Pero además, en cuanto a la seguridad de dicho gas, hay que tener en cuenta que su valor de exposición en trabajo moderado es de 0,08 ppm. [20]

A continuación se muestra el etiquetado del ozono en la *figura 13.1*.



*Figura 13.1: Etiquetado del Ozono*

Este pictograma es de gran importancia por lo que se encuentra definido a continuación.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Tabla 13.1: Significado pictográfico del Ozono

| PICTOGRAMA                                                                        | SIGNIFICADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Gas, sólido o líquido oxidativos que pueden causar i intensificar un incendio o explosión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  | Producto químico que es extremadamente tóxico en contacto con la piel, si se inhala o ingiere. Puede ser mortal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|  | Los efectos pueden ser varios: <ul style="list-style-type: none"><li>- Es cancerígena</li><li>- Afecta a la fertilidad y al nonato</li><li>- Causa mutaciones</li><li>- Es un sensibilizante respiratorio, puede provocar alergias, asma o dificultades respiratorias si es inhalado.</li><li>- Resulta tóxica en determinados órganos.</li><li>- Peligro por aspiración, que puede ser mortal o muy nocivo si se ingiere o penetra por alguna vía.</li></ul> |

El ozono presenta una serie de riesgos ambientales y humanos; y peligros físicos y químicos a tener en cuenta a la hora de realizar el estudio de seguridad y salud, por lo que en la *tabla 13.2* quedan recogidos y definidos tales riesgos y peligros.

Tabla 13.2: Análisis de peligrosidad del ozono



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RIESGO HUMANO</b>     | Su inhalación produce dolor de garganta, tos, dolor de cabeza, jadeo y dificultad respiratoria.<br><br>En contacto con la piel se encuentra en estado líquido y produce congelación.<br><br>Produce envejecimiento y dolor de cabeza.                      |
| <b>RIESGO AMBIENTAL</b>  | Puede ser peligroso para el medioambiente, debe presentarse atención especial a los vegetales. Peligro atmosférico.                                                                                                                                        |
| <b>PELIGROS FÍSICOS</b>  | No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias.<br><br>Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión en contacto con sustancias combustibles.                                                                                     |
| <b>PELIGROS QUÍMICOS</b> | La sustancia se descompone al calentarla suavemente, produciendo oxígeno y originando peligro de incendio y explosión.<br><br>Reacciona violentamente con compuestos orgánicos e inorgánicos, originando peligro de incendio y explosión. Ataca al caucho. |

## 1.2. Oxígeno licuado

El oxígeno licuado es el oxígeno (O<sub>2</sub>) en forma líquida. Se trata de una sustancia de color azulado pálido y es fuertemente paramagnética, es decir, que presentan una gran tendencia a alinearse de forma paralela aquellos elementos libres en un campo magnético. Se considera a esta sustancia como un gas industrial y se trata de un gas que actúa como materia prima para la producción de ozono.

A continuación se presenta en forma de *figura 13.2* el etiquetado que presenta junto con el código NFPA (National Fire Protection Association) que establece la forma de identificar los materiales peligrosos con el objetivo de informar de sus peligros para la respuesta ante un accidente.

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



Figura 13.2: Etiquetado y código NFPA del Oxígeno licuado

El significado del pictograma queda definido en la siguiente *tabla 13.3*.

Tabla 13.3: . Significado pictográfico del Oxígeno licuado

| PICTOGRAMA                                                                                                                                               | SIGNIFICADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                          | <p>Sustancia Comburente</p> <p>Capacidad de incendiar otras sustancias, facilitando la combustión e impidiendo el combate del fuego.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                          | <table border="1"> <tr> <td> <p><b>NIVEL DE RIESGO</b></p> <p>4 - MORTAL<br/>3 - MUY PELIGROSO<br/>2 - PELIGROSO<br/>1 - POCO PELIGROSO<br/>0 - SIN RIESGO</p> </td> <td> <p><b>INFLAMABILIDAD</b></p> <p>4 - DEBAJO DE 25 °C<br/>3 - DEBAJO DE 37 °C<br/>2 - DEBAJO DE 93 °C<br/>1 - SOBRE 93 °C<br/>0 - NO SE INFLAMA</p> </td> </tr> <tr> <td> <p><b>RIESGOS A LA SALUD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>OX - OXIDANTE<br/>COR - CORROSIVO<br/>RADIOACTIVO<br/>NO USAR AGUA<br/>RIESGO BIOLÓGICO</p> </td> <td> <p><b>REACTIVIDAD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>REACTIVIDAD</p> <p>4 - PUEDE EXPLOTAR SUBTAMENTE<br/>3 - PUEDE EXPLOTAR EN CASO DE CHOQUE O CALENTAMIENTO<br/>2 - INESTABLE EN CASO DE CAMBIO QUÍMICO VIOLENTO<br/>1 - INESTABLE EN CASO DE CALENTAMIENTO<br/>0 - ESTABLE</p> </td> </tr> </table> | <p><b>NIVEL DE RIESGO</b></p> <p>4 - MORTAL<br/>3 - MUY PELIGROSO<br/>2 - PELIGROSO<br/>1 - POCO PELIGROSO<br/>0 - SIN RIESGO</p> | <p><b>INFLAMABILIDAD</b></p> <p>4 - DEBAJO DE 25 °C<br/>3 - DEBAJO DE 37 °C<br/>2 - DEBAJO DE 93 °C<br/>1 - SOBRE 93 °C<br/>0 - NO SE INFLAMA</p> | <p><b>RIESGOS A LA SALUD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>OX - OXIDANTE<br/>COR - CORROSIVO<br/>RADIOACTIVO<br/>NO USAR AGUA<br/>RIESGO BIOLÓGICO</p> | <p><b>REACTIVIDAD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>REACTIVIDAD</p> <p>4 - PUEDE EXPLOTAR SUBTAMENTE<br/>3 - PUEDE EXPLOTAR EN CASO DE CHOQUE O CALENTAMIENTO<br/>2 - INESTABLE EN CASO DE CAMBIO QUÍMICO VIOLENTO<br/>1 - INESTABLE EN CASO DE CALENTAMIENTO<br/>0 - ESTABLE</p> |
| <p><b>NIVEL DE RIESGO</b></p> <p>4 - MORTAL<br/>3 - MUY PELIGROSO<br/>2 - PELIGROSO<br/>1 - POCO PELIGROSO<br/>0 - SIN RIESGO</p>                        | <p><b>INFLAMABILIDAD</b></p> <p>4 - DEBAJO DE 25 °C<br/>3 - DEBAJO DE 37 °C<br/>2 - DEBAJO DE 93 °C<br/>1 - SOBRE 93 °C<br/>0 - NO SE INFLAMA</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>RIESGOS A LA SALUD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>OX - OXIDANTE<br/>COR - CORROSIVO<br/>RADIOACTIVO<br/>NO USAR AGUA<br/>RIESGO BIOLÓGICO</p> | <p><b>REACTIVIDAD</b></p> <p>RIESGO ESPECIFICO</p> <p>REACTIVIDAD</p> <p>4 - PUEDE EXPLOTAR SUBTAMENTE<br/>3 - PUEDE EXPLOTAR EN CASO DE CHOQUE O CALENTAMIENTO<br/>2 - INESTABLE EN CASO DE CAMBIO QUÍMICO VIOLENTO<br/>1 - INESTABLE EN CASO DE CALENTAMIENTO<br/>0 - ESTABLE</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Al igual que el ozono, el oxígeno licuado presenta una serie de riesgos y peligros. Pero a excepción del caso anterior, el oxígeno licuado no presenta riesgos ambientales, por lo que la *tabla 13.4* de análisis de peligrosidad queda definida de la siguiente manera.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Tabla 13.4: . Análisis de peligrosidad del Oxígeno licuado

|                          |                                                                                                                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RIESGO HUMANO</b>     | En elevadas concentraciones irrita el tracto respiratorio, puede afectar al sistema nervioso central, pulmón y ojos.                                    |
| <b>PELIGROS FÍSICOS</b>  | No combustible, pero facilita la combustión de otras sustancias. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido. |
| <b>PELIGROS QUÍMICOS</b> | Es un oxidante fuerte y reacciona con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión.                                 |

## 2. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

### A. Descripción de los trabajos

Es importante tener presente que el montaje de la instalación debe ser en este caso, de una instalación productiva. Pero también hay que tener en cuenta que se trata de una instalación relacionada de forma directa con los albañiles, puestos que estos se verán encargados de la apertura de zanjas, rozas, etc. Teniendo en cuenta que estas actividades deben ir relacionadas en concreto con la acometida de agua de la cual vamos hacer uso para la evacuación del agua residual industrial.

En cuanto a instalación de fontanería como tal, en la nave a diseñar no va a ser necesario su uso, puesto que no va a contar con aseos, sistemas de calefacción, aires acondicionados. Pero la parcela si contará con tuberías de saneamiento y desagües para el servicio del agua.

Por lo que, la instalación de tuberías para la implantación del sistema se deberá de tener en cuenta la normativa ASME, como hemos indicado anteriormente a la hora de su diseño.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

B. Normas Básicas de Seguridad

Comprobar el estado de los medios auxiliares.

Orden y limpieza en cada tajo.

Acopio ordenado de los materiales.

Las máquinas portátiles tendrán doble aislamiento o toma de tierra y protección diferencial.

No usar como toma de tierra las tuberías de agua.

Revisar el instrumental para evitar fugas de gases.

Proteger las botellas de gas de fuentes de calor.

Las conexiones eléctricas se harán sin tensión.

C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Condiciones meteorológicas adversas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Dermatitis por contacto con cemento y cal.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas y mojadas.
- Explosiones o incendios.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del inadecuado almacenamiento de productos combustibles.

#### D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Carcasas, resguardos de protección de parte móviles de máquinas.
- Plataforma de descarga de materiales.
- Evacuación de escombros.
- Iluminación natural o artificial adecuada.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.
- Limpieza de zonas de trabajo o de tránsito.

#### E. Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Mascarilla antipolvo.
- Gafas anti-impacto y gafas antipolvo.
- Mono de trabajo, trajes de agua y botas impermeables.
- Protectores auditivos.
- Cinturón antivibratorio.

#### F. Protecciones colectivas

- Señales de tráfico.
- Correcta señalización.
- Ordenación de maquinaria y camiones.
- Riego de zonas de trabajo de máquinas (sin encharcar).

### **3. PELIGROSIDAD DE LOS EQUIPOS Y PROTECCIÓN EN LA PLANTA**

La ejecución de un proyecto debe de tener la seguridad inherente del proceso, es decir, la eliminación o reducción del peligro mediante el empleo de materiales y condiciones del proceso no peligroso. Hay en ocasiones en las que esto no es posible,



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

por lo que la solución sería definir una serie de estrategias para la reducción de esos riesgos.

Existen dos tipos de medidas a tomar en este caso, siendo una de ellas las medias pasivas y otra las medidas activas a llevar a cabo en la ejecución del proceso, que a continuación definimos.

- Medidas pasivas, cuyo objetivo es la minimización del riesgo mediante el diseño de equipos de proceso que reduzcan considerablemente la probabilidad o consecuencia del peligro sin el funcionamiento activo de cualquier dispositivo. Como por ejemplo, existe la posibilidad de reducir la separación de los equipos lo cual queda representado en el *plano 4. Distribución en planta*.
- Medidas activas, cuyo objetivo es detectar y responder ante las desviaciones ocasionadas en el proceso. Para ello podemos contar con sistemas de control, alarmas, instrumentos de seguridad y los sistemas de mitigación.

Además existen otra serie de estrategias, como son el empleo de políticas, procedimientos operativos, entrenamiento, controles administrativos, medidas de emergencia o cualquier enfoque de gestión para prevenir incidentes, o para minimizar el efecto de un incidente.

### **3.1. Análisis de HAZOP**

#### **3.1.1. Descripción**

El Análisis Funcional de Operatividad (AFO) es conocido por el nombre, HAZOP (Hazard and operability). HAZOP es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso respecto



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Por lo tanto, ya se aplique en la etapa de diseño, como en la etapa de operación, la sistemática consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo. La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas series de “palabras claves”.

Este método surgió en 1963 en la compañía Imperial Chemical Industries, ICI. La cual utilizaba técnicas de análisis crítico en otras áreas. Posteriormente, se generalizó y formalizó, y actualmente es una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

Por este motivo, ha sido elegida para realizar el estudio de seguridad de los equipos para la implantación de este proyecto.

#### 3.1.2. Análisis

Esta técnica permite identificar las posibles desviaciones y efectos que estas pudiesen producir para identificar las medidas correctoras que se deben tomar con el objetivo de evitar fallos de los equipos y accidentes. Para ello se hace uso de la información encontrada en la bibliografía [22]

El análisis HAZOP se aplica principalmente para las líneas principales de entrada y salida del reactor de ozonización. El cual queda recogido en la *tabla 13.5* y *tabla 13.6* respectivamente.



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

*Tabla 13.5: Análisis HAZOP. Entrada al reactor de ozonización.*

| <b>PALABRA GUÍA</b> | <b>DESVIACIÓN</b>   | <b>CAUSA</b>                                                | <b>CONSECUENCIA</b>                                                                                                           | <b>ACCIONES A TOMAR</b>                                                                                                                 |
|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NO                  | NO hay flujo        | Fallo de la bomba<br>Rotura, fuga u obstrucción de línea    | Paralización del proceso                                                                                                      | Instalación de válvula del control del caudal de alimentación.<br>Alarmas de bajo nivel en el reactor.<br>Revisión periódica de líneas. |
| MAS                 | Flujo               | Fallo de la bomba                                           | Aumento de la presión en la línea.<br>Rotura de la línea por aumento de presión.<br>Menor tiempo de residencia en el reactor. | Instalación de válvula de control del caudal de alimentación.<br>Lazo de control del caudal de alimentación.                            |
| MENOS               | Flujo               | Fallo de la bomba.<br>Obstrucción o fuga de línea           | Escasa cobertura.<br>Menor conversión.                                                                                        | Lazo de control del caudal de alimentación.<br>Alarmas de bajo nivel en el reactor.<br>Revisión periódica de líneas.                    |
| ADEMÁS DE           | Impurezas           | Mal acondicionamiento de las materias primas.<br>Corrosión  | Reacciones secundarias que disminuyen la selectividad                                                                         | Instalar lazo de control para ajustar el caudal de ozono.<br>Revisar instalación.                                                       |
| PARTE DE            | Fase extraordinaria | Estada aceite bomba, exceso de lubricación, fallo de bomba. | Nueva fase que altera la reacción, menor conversión.                                                                          | Estricto control del reactor.                                                                                                           |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Tabla 13.6: Análisis HAZOP. Salida del reactor de ozonización.

| <b>PALABRA GUÍA</b> | <b>DESVIACIÓN</b> | <b>CAUSA</b>                                             | <b>CONSECUENCIA</b>                                                              | <b>ACCIONES A TOMAR</b>                                                                                                                 |
|---------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NO                  | NO hay flujo      | Fallo de la bomba<br>Rotura, fuga u obstrucción de línea | Aumento de presión en el reactor                                                 | Instalación de válvula del control del caudal de alimentación.<br>Alarmas de bajo nivel en el reactor.<br>Revisión periódica de líneas. |
| MAS                 | Flujo             | Fallo de la bomba                                        | Aumento de la presión en la línea.<br>Rotura de la línea por aumento de presión. | Instalación de válvula de control del caudal.<br>Lazo de control del caudal.                                                            |
| MENOS               | Flujo             | Fallo de la bomba<br>Obstrucción o fuga de línea         | Aumento de presión en el reactor                                                 | Lazo de control del caudal.<br>Alarmas de bajo nivel en el reactor.<br>Revisión periódica de líneas.                                    |



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Mediante la realización de HAZOP se han determinado una serie de medidas referentes al control e instrumentación de los equipos que garantizan que la reacción de ozonización transcurra de forma segura y correcta. Por lo tanto, la instalación debe tener los elementos necesarios que permitan comprobar el funcionamiento de los equipos así como prevenir posibles fallos y alerta sobre los mismo si se diera el caso.

Estos elementos a implantar quedan representados en el diagrama de tuberías que encontramos en el *Plano 5. Proceso productivo*.



## CAPÍTULO 2

# ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LA NAVE

### 1. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE OBRA

La obra que se va a llevar a cabo para la construcción de una nave en el cual se va a implantar un reactor de ozonización en la Industria Papelera en la localidad de Almazán, Soria. Concretamente se va a instalar en la propia parcela de la industria, cuyas dimensiones van a ser de 15m x 10m y una altura de coronación de 9m.

Por lo tanto, la ejecución va a contar con las siguientes obras que debemos de tener en cuenta.

- Acondicionamiento de la parcela, movimiento de tierras.
- Cimentación, estructura y cubierta de la nave.
- Instalación eléctrica, e instalación de saneamientos.
- Los equipos necesarios para llevar a cabo los objetivos del proyecto.

### 2. PRINCIPIOS GENERALES

En la redacción del presente Proyecto, y de conformidad con la "*Ley de Prevención de Riesgos Laborales*", han sido tomados los principios generales de prevención en materia de seguridad y salud previstos en el artículo 15, en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto de obra.

Por lo que a continuación se muestran los principios generales a tener en cuenta.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Tomar las decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultáneamente o sucesivamente.
- Estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Asimismo, y de conformidad con la "*Ley de Prevención de Riesgos Laborales*", se presentan las siguientes tareas o actividades en particular para este proyecto.

- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta condiciones de acceso, y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
- La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y el control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- El almacenamiento y la eliminación o evacuación de residuos y escombros.
- La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre los contratistas, subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Las interacciones e incompatibilidades con cualquier otro tipo de trabajo o actividad que se realice en la obra o cerca del lugar de la obra.

### 3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

#### Movimiento de tierras

En primer lugar se va a llevar a cabo un estudio del terreno que incluya: el tipo de terreno, características, situación del nivel freático, etc.

A continuación se realizan los trabajos de limpieza, desbroce y vaciado del solar hasta llegar a la capa de arcillas.

La explanación se realiza por medios mecánicos, con palas cargadoras y retroexcavadoras, especialmente en zonas de pozos de zapatas y cimentación de muro



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

perimetral. Solamente se realizará a mano los retoques necesarios en el fondo de la excavación general.

### Circulación de personas ajenas a la obra

El personal ajeno a la obra no puede acceder, además no será necesario de indicaciones ni de montajes de vallas o cercas en la zona de obra puesto que se trabaja dentro de una parcela particular, sin tránsito por ella de personal ajeno.

Dentro de la parcela se señalará con señales de tráfico el tránsito de la maquinaria pesada para los propios trabajadores de la industria y así evitar entorpecer lo mínimo posible el movimiento habitual que se lleva a cabo en la misma.

## **4. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS**

Lista de riesgos en los lugares de trabajo, códigos de forma

### **4.4. CÓDIGOS DE FORMA DE ACCIDENTES**

- 01 Caída de personas a distinto nivel.
- 02 Caída de personas al mismo nivel.
- 03 Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- 04 Caída de objetos o herramientas en manipulación.
- 05 Caída de objetos o herramientas desprendidos.
- 06 Pisadas sobre objetos.
- 07 Choques y golpes contra objetos inmóviles.
- 08 Choques y golpes contra objetos móviles de máquinas.
- 09 Golpes y cortes por objetos, máquinas y/o herramientas.
- 10 Proyección de fragmentos o partículas.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- 11 Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos o máquinas.
- 12 Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.
- 13 Sobreesfuerzos, posturas inadecuadas o movimientos repetitivos.
- 14 Exposición a temperaturas ambientes extremas.
- 15 Contactos térmicos.
- 16 Contactos eléctricos.
- 17 Inhalación o ingestión de sustancias nocivas o tóxicas.
- 18 Contacto con sustancias cáusticas y/o corrosivas.
- 19 Exposición a radiaciones.
- 20 Explosiones.
- 21 Incendios.
- 22 Accidentes causados por seres vivos.
- 23 Atropellos o choques con o contra vehículos.
- 24 Accidentes de tráfico.
- 25 Accidentes por causas naturales.
- 26 otros no especificados.

#### 4.2. CÓDIGOS DE FORMA DE ENFERMEDADES

- 27 Agentes Físicos.
- 28 Agentes Químicos.
- 29 Agentes Biológicos.
- 30 otras Circunstancias.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

## 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN

### 5.1. Equipos de protección individual (EPI)

- CASCO: Será obligatorio su uso dentro del recinto de la obra para todas las personas que estén vinculadas a la misma y también para aquellas que ocasionalmente estén en ella, tales como técnicos, mandos intermedios, trabajadores y visitas. Se preverá un acopio en obra en cantidad suficiente.
- BOTAS: Se dotará de las mismas a los trabajadores, cuando el estado de la obra lo aconseje, serán altas e impermeables. Cuando exista riesgo de caída de objetos pesados serán con puntera reforzada y si hay posibilidad de pinchazos con puntas, estarán dotadas de plantilla metálica.
- TRAJES DE AGUA: Se proporcionará a cada trabajador cuando el estado del tiempo lo requiera.
- CINTURÓN DE SEGURIDAD: Serán los adecuados al riesgo y será obligatoria su utilización cuando se realicen trabajos en altura con riesgo, sin protección colectiva y en andamios colgantes. Se amarrará a elementos fijos de manera que la caída libre no exceda de un metro.
- GAFAS: Si existe riesgo de proyección de partículas o polvo a los ojos, se protegerá a los trabajadores con gafas adecuadas que impidan las lesiones oculares.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- GUANTES: Se utilizarán en los trabajos con riesgo en las manos de heridas, alergias, edemas, etc.
  
- MASCARILLAS: Se utilizarán mascarillas antipolvo para los trabajos en que se manejen sierras de corte circular, corte de piezas cerámicas o similares.
  
- MONO DE TRABAJO: Se dotará a cada trabajador de un mono de trabajo y se tendrán en cuenta las reposiciones a lo largo de la obra.
  
- VARIOS: Se emplearán otras protecciones individuales, siempre que lo exijan las condiciones de trabajo, tales como mandiles de cuero, guantes dieléctricos, pantalla de soldador, botas aislantes, protectores auditivos, etc. y cualquiera otra no enumerada en este apartado, siempre que la seguridad lo requiera.

### 5.2. Protecciones colectivas

Las protecciones colectivas se representan de la siguiente manera:

SEÑALIZACIÓN GENERAL. En la cual se instalarán los siguientes carteles indicativos de:

PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA.

USO OBLIGATORIO DEL CASCO.

En los cuadros eléctricos de obra, se instalarán carteles indicativos de riesgo eléctrico.

Se dispondrá señal informativa para la localización del botiquín y extintores.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

NIVELES SUPERPUESTOS. En los trabajos en distintos niveles superpuestos, se protegerá a los trabajadores de los niveles inferiores con pantallas, redes, viseras u otros elementos, que protejan contra la caída de objetos.

ZONAS DE PASO Y LIMPIEZA DE LA OBRA. Cuando hubiese zonas con obstáculos y dificultades de paso, por las que tengan que circular trabajadores, se establecerán zonas de paso limpias de obstáculos y claramente visibles y señalizadas. En general se procurará mantener la obra limpia de obstáculos, estando los materiales almacenados ordenadamente.

### 5.3. Puesta en obra

Los elementos de protección se colocarán antes de que exista riesgo y si es necesario quitar circunstancialmente la protección para alguna operación concreta, ésta se repondrá inmediatamente.

Las maquinarias eléctricas e instalaciones contarán con el cumplimiento en la legislación vigente.

### 5.4. Revisiones

Los equipos de protección se revisarán de forma periódica.

Aquellos elementos que no superen las revisiones serán inutilizados para su servicio sino tienen arreglo, y en caso de ser posible su reparación se arreglarán por una



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

persona competente de manera que garantice su buen funcionamiento y que cumpla con su cometido.

## 6. APLICACIÓN DE LA SEGURIDAD AL PROCESO PRODUCTIVO

A la vista del conjunto de riesgos previsibles, se exponen a continuación los procedimientos y equipos técnicos a utilizar y la reducción de riesgos en esos trabajos, las medidas preventivas adecuadas, la indicación de las protecciones personales necesarias y las protecciones colectivas exigidas para los trabajadores.

El orden y la limpieza son factores fundamentales en la buena marcha de una obra.

### 6.1. EXCAVACIONES. MOVIMIENTO DE TIERRAS

#### A. Descripción de los trabajos

El movimiento de tierras preciso es el relativo a la excavación de los cimientos, zanjas y nivelación del terreno. Previamente se realizará la limpieza en las zonas de actuación.

Se iniciarán los trabajos con maquinaria, para evitar esfuerzos innecesarios, no debiendo circular vehículos por las proximidades para evitar derrumbamientos. Las excavaciones deben finalizarse a mano mediante picos y palas en las proximidades de otros servicios existentes.

Los materiales excavados se situarán a más de 60 cm del borde de la excavación, dejando el pasillo para el tránsito de trabajadores.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Cuando la excavación supere los 1,20 m de profundidad, se debe prever una entibación o talud.

En el caso de excavaciones próximas a un edificio es necesario que por parte de personal técnico altamente cualificado se realice un estudio para calcular la resistencia necesaria de la entibación.

Para acceder a zanjas con profundidad mayor de 1,20 m se han de usar escaleras. Es necesario proteger perimetralmente para evitar la caída de trabajadores y peatones. Una buena señalización es imprescindible y en horas nocturnas se empleará balizamiento.

#### B. Normas Básicas de seguridad

Las maniobras de maquinaria y la salida a la calle de cualquier vehículo se dirigirán por persona distinta al conductor del vehículo.

#### C. Riesgos más frecuentes

- Caídas del operario al mismo nivel.
- Caídas de operarios al interior de la excavación.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caída de materiales transportados.
- Choques o golpes contra objetos.
- Sobreesfuerzos
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplome, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ruido, contaminación acústica.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

D. Medidas preventivas

- Talud natural del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras.
- Apuntalamiento, apeos.
- Barandilla en borde de excavación.
- Tableros o placas en hueco horizontales.
- Separación para el tránsito de vehículos y operarios.
- Avisadores ópticos y acústicos en maquinaria.
- Cabina o pórticos de seguridad.
- No permanecer bajo frente excavaciones
- Distancia de seguridad de líneas eléctricas.

E. Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Mascarilla antipolvo.
- Gafas anti-impacto y gafas antipolvo.
- Mono de trabajo, trajes de agua y botas impermeables.
- Protectores auditivos.
- Cinturón antivibratorio.

F. Protecciones colectivas

- Señales de tráfico.
- Correcta señalización.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Ordenación de maquinaria y camiones.
- Riego de zonas de trabajo de máquinas (sin encharcar).

#### G. Recomendaciones para la reducción de riesgos

##### ACONDICIONAMIENTO DEL SOLAR

- Organizar los lugares de paso de vehículos de peatones, procurando dejar un pasillo de seguridad libre de tránsito alrededor de la zona a excavar.
- Instalar señales de tráfico y de seguridad que evite en la medida de lo posible la invasión de las zonas peatonales por parte de la maquinaria.
- Mantener limpio y ordenado, procurando almacenar los materiales adecuadamente, y si es posible alejados de la zona de excavación.

##### REALIZAR RAMPA DE ACCESO PARA VEHÍCULOS

- Se facilita el acceso y trabajo de la maquinaria, disminuyendo la posibilidad de vuelco.

##### MAQUINARIA EN BUEN ESTADO

- Realizar revisiones periódicas de la maquinaria: condiciones de la cabina, sistema antivuelco, señales acústicas y luminosas, etc.

##### REALIZAR TALUD O ENTIBADO

Esta medida disminuye la posibilidad de derrumbamiento.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### DEJAR UNA ZONA DE SEGURIDAD ALREDEDOR DEL PERÍMETRO

- Impedir la acumulación de materiales en el borde del talud. De este modo se evitan caídas de objetos y disminuye la tensión transmitida al terreno.
- Prohibir el tránsito de personas y vehículos en una zona perimetral de dos metros como mínimo. Instalar las zonas de trabajo en otros lugares.
- Utilizar maquinaria con sistemas de aviso acústico y visual.
- Generalizar el uso de guantes, casco y botas de seguridad.

## 6.2. CIMENTACIONES

### A. Descripción los trabajos

Se realizarán las cimentaciones a base de muros, zanjas y vigas de atado en hormigón armado, ejecutadas por medios manuales y con el apoyo de medios mecánicos.

### B. Normas Básicas de seguridad

Delimitación de las áreas de acopio.

Limpieza general y esmerada de la zona de trabajo.

El punto de amarre del cinturón de seguridad se situará siempre por encima de la cabeza de los trabajadores.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Rotura, hundimiento, caídas de encofrados y de entibaciones.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas.
- Radiaciones y derivados de la soldadura.
- Quemaduras en soldadura.

D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Cabinas o pórticos de seguridad.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.

E. Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Mono de trabajo.
- Trajes de agua.
- Botas de seguridad.
- Gafas de protección anti-impacto.
- Cinturón de seguridad.

F. Protecciones colectivas

- Barandillas de protección en desniveles.
- Señalización adecuada.
- Anclajes para cinturones de seguridad.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

G. Recomendaciones para la reducción de riesgos

*EVITAR CAIDA DE MATERIAL A LA ZONA DE TRABAJO*

Dejar un espacio de seguridad entre la pared de la excavación y el material apilado.

Evitar caída al mismo nivel.

*MANTENER LIMPIAS LAS ZONAS DE TRABAJO, RETIRANDO LOS RESIDUOS QUE SE GENEREN*

No abandonar herramientas en zonas de paso.

Utilización de prendas de protección: guantes para evitar rasguños o heridas manipulación de material.

### **6.3. ALBAÑILERÍA**

A. Descripción de los trabajos

Los trabajos de albañilería que se pueden realizar en el edificio, son los habituales para este tipo de unidades de obra y entre los de más riesgo podemos enumerar los cerramientos, enfoscados y enlucidos, tabaquería, etc. Entre los elementos auxiliares más destacados por su mayor uso destacan los andamios de borriquetas y las escaleras de madera o metálicas.

B. Normas Básicas de seguridad

Orden y limpieza en cada tajo.

Eliminar obstáculos en tomo a la zona de trabajo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Trabajos en zonas húmedas o mojadas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados medios auxiliares usados.

D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Carcasas, resguardos de protección de parte móviles de máquinas.
- Plataforma de descarga de materiales.
- Evacuación de escombros.
- Habilitar caminos de circulación.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.

E. Equipos de protección individual

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad.
- Guantes de goma.
- Uso de dediles reforzados.
- Manoplas de cuero.
- Gafas de seguridad antipolvo e impactos.
- Mascarilla antipolvo.

F. Protecciones colectivas

- Colocación de barandillas superior e intermedia resistentes con rodapié.
- Cierre de seguridad en los huecos del forjado.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Antepecho de seguridad en los huecos de fachadas.
- Instalación de marquesinas y redes al nivel adecuado.
- Coordinación con el resto de oficios afectados.

### 6.4. SOLADOS

#### A. Descripción de los trabajos

En este capítulo se contemplan todas las unidades de obra relativas a pavimentos, revestimientos, pinturas y trabajos de decoración.

#### B. Normas Básicas de Seguridad

Comprobar el estado de los medios auxiliares.

Orden y limpieza en cada tajo.

#### C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Dermatitis por contacto con cemento y cal.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas y mojadas.
- Explosiones o incendios.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del inadecuado almacenamiento de productos combustibles.

D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Carcasas, resguardos de protección de parte móviles de máquinas.
- Plataforma de descarga de materiales.
- Evacuación de escombros.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.
- Limpieza de zonas de trabajo o de tránsito.

E. Equipos de protección individual

- Mono de trabajo.
- Casco de seguridad.
- Cinturón de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma.
- Calzado de seguridad.
- Gafas antipolvo e impacto.
- Mascarillas anti-polvo.

F. Protecciones colectivas

- Uso de los medios auxiliares adecuados.
- Orden y limpieza en la zona de trabajo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

## 6.5. CARGA Y DESCARGA

### A. Descripción de los trabajos

Comprenden estas unidades de obra las relativas a las operaciones de carga y descarga de mercancías, escombros, etc. y la correcta manipulación de las mismas.

### B. Recomendaciones para la reducción de riesgos

Levantamiento adecuado de las cargas. Para un levantamiento de cargas que no produzca lesiones lumbares hay que realizar lo siguiente.

- No levantar más carga que la que admita la capacidad del operario. No exceder de 25 Kg.
- Considerar estos seis elementos a la hora de levantar un peso.
  1. Abrir las piernas ligeramente y colocar los pies rodeando la carga a levantar.
  2. Flexionar las piernas y mantener la espalda derecha, no necesariamente vertical.
  3. Mantener la barbilla cerca del cuerpo. No estirar el cuello.
  4. Utilizar las palmas de las manos para agarrar fuertemente la carga procurando seguir el contorno de la carga.
  5. Situar los codos pegados al cuerpo y efectuar el levantamiento con la fuerza de la musculatura de los muslos, nunca con los de la espalda.
  6. Acercar el cuerpo a la carga para centralizar el peso.

Para depositar la carga adecuadamente también se debe de tener en cuenta lo siguiente.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- No arrojar las cargas de cualquier modo.
- No invadir zonas de paso con los materiales descargados.
- No curvar la espalda; utilizar el sistema de levantamiento de cargas a la inversa.

Utilización de guantes para realizar la carga y descarga.

De este modo evitaremos heridas y rasguños con las posibles aristas vivas.

Zona de trabajo adecuada.

Asegurarse que la zona por donde transitan los operarios está libre de obstáculos.

Utilización del calzado de seguridad.

De esta forma se resguardan los pies frente al impacto de objetos pesados.

Los ganchos de cuelgue de los aparatos de izar quedarán libres de cargas durante las fases de descanso.

Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista del que la transporta con el fin de evitar accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.

Se prohíbe la permanencia o el trabajo en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.

Los aparatos de izar estarán equipados con limitador de recorrido del carro y de los ganchos.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Los ganchos de sujeción o sustentación serán de acero provistos de pestillos de seguridad.

Los ganchos pendientes de eslingas estarán dotados de pestillos de seguridad.

Los contenedores tendrán señalado visiblemente el nivel máximo de llenado y la carga máxima admisible.

Todos los aparatos de izado de cargas llevarán impresa la carga máxima que pueden soportar.

### **6.6. HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA DE OBRA**

#### A. Descripción de los trabajos

Comprenden estas unidades de obra las relativas a las operaciones de manipulación de herramientas y pequeña maquinaria, tales como hormigonera eléctrica, mesa de sierra circular, pistola fija-clavos, taladro portátil, rozadora eléctrica, pistola neumática grapadora, etc.

#### B. Normas Básicas de Seguridad

Comprobar el estado de los medios auxiliares.

Orden y limpieza en cada tajo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Dermatitis por contacto con cemento y cal.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas y mojadas.
- Explosiones o incendios.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del inadecuado almacenamiento de productos combustibles.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Carcasas, resguardos de protección de parte móviles de máquinas.
- Plataforma de descarga de materiales.
- Evacuación de escombros.
- Iluminación natural o artificial adecuada.
- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.
- Limpieza de zonas de trabajo o de tránsito.

E. Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.
- Guantes de cuero.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Guantes de goma o PVC.
- Mandiles de cuero.
- Polainas de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Protección anti-polvo.

#### F. Recomendaciones para la reducción de riesgos

Las máquinas-herramienta con trepidación estarán dotadas de mecanismos de absorción y amortiguación.

Los motores con transmisión a través de ejes y poleas estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos (machacadoras, sierras, compresores).

Las carcasas protectoras de seguridad permitirán la visión del objeto protegido.

Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa.

Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una máquina eléctrica, estando conectada a la red de suministro.

Las máquinas de funcionamiento irregular o averiadas serán retiradas inmediatamente para su reparación y en caso de no poder ser retiradas se señalarán con carteles de aviso "Máquina averiada no conectar".

#### ➤ Cuadros eléctricos adecuados

Procurar un emplazamiento correcto, a ser posible resguardado de la intemperie. El cuadro debe tener diferenciales y magnetotérmicos y debe estar



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

provisto de señalización sobre el peligro de electrocución. Así mismo, debe ser manipulado solamente por personal cualificado.

➤ Cableado

Las tomas de corriente deben ser adecuadas, utilizándose por tanto clavijas normalizadas. Los cables deben estar en buen estado, evitando empalmes, enganches o contacto con aristas vivas o zonas húmedas.

➤ Herramientas y maquinaria

Utilizar maquinaria con toma de tierra así como herramientas aislantes. Procurar el buen estado de las mismas.

Utilización de guantes y calzado aislante.

➤ Maquinaria segura

Utilizar maquinaria antivuelco y equipada con sistemas luminosos y acústicos de aviso.

Revisar periódicamente los equipos por personal especializado.

Utilizar cabinas insonorizadas u climatizadas.

Evitar engranajes o transmisiones sin carcasa de seguridad.

➤ Trabajo seguro

No invadir las zonas de trabajo. Evitar que los operarios transiten cerca de la maquinaria, si no es necesario.

Mantener las distancias de seguridad respecto a otras máquinas, instalaciones o cables eléctricos.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

## 6.7. INSTALACIONES DE SANEAMIENTOS

### A. Descripción de los trabajos

El montaje de la instalación de fontanería para este proyecto se va a quedar exento, puesto que no vamos a contar con ningún sistema de cañería sanitaria en la nave a ejecutar. En caso de realizarse se pondría a disposición de una subcontrata de la misma.

En el caso concreto de este proyecto, toda instalación de tuberías irá definida en el apartado correspondiente, Capítulo 1. *Estudio de seguridad y salud del sistema a instalar.*

Sí contará este proyecto con instalación de saneamiento.

### B. Normas básicas de Seguridad

Comprobar el estado de los medios auxiliares

Orden y limpieza en cada trabajo.

Acopio ordenador de los materiales.

No usar como toma de tierra las tuberías de agua.

### C. Equipos de protección individual

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o PVC.
- Mandiles de cuero.
- Polainas de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Protección anti-polvo.

#### D. Protecciones colectivas

Uso de los medios auxiliares adecuados.

Orden y limpieza en la zona de trabajo.

#### E. Recomendaciones para la reducción de los riesgos

- La iluminación en los tajos y vías de circulación será la suficiente y adecuada en cuanto a intensidad, color y protección, colocadas de tal forma que no suponga un riesgo para los trabajadores.
- La iluminación mediante “portátiles” se efectuará utilizando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas adecuadas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a emplear, serán del tipo de tijera, dotadas de zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por caídas a distinto nivel.
- Se protegerán los huecos existentes en la obra (ascensor, escaleras, patios, etc.) con una red horizontal de seguridad, para eliminar el riesgo de caída desde altura y se utilizarán escaleras de mano o andamios de borriquetes.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- El transporte de los tramos de tubería a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma, que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.
- Se mantendrán limpios de cascotes y recortes los lugares de trabajo. Se limpiarán conforme se avance, apilando el escombros para su recogida, al objeto de evitarse el riesgo de pisadas sobre objetos.

## 6.8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### A. Normas de Actuación Preventiva

- Se dispondrá de almacén para acopio de material eléctrico.
- En la fase de obra de apertura y cierre de rozas se esmerará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- El montaje de aparatos eléctricos (magnetotérmicos, disyuntores, etc.) será ejecutado siempre por personal especialista en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo de "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- La realización del cableado, cuelgue y conexión de la instalación eléctrica de la escalera, sobre escaleras de mano (o andamios de borriquetas), se efectuará



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

una vez tendida una red tensa de seguridad entre la planta "techo" y la planta de "apoyo" en la que se realizan los trabajos, tal, que evite el riesgo de caída desde altura. Lo mismo ocurre en terrazas, tribunas, balcones, vuelos, etc.

- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla alimentados a 24 voltios.

#### B. Normas Básicas de Seguridad

Comprobar el estado de los medios auxiliares.

Orden y limpieza en cada tajo.

#### C. Riesgos más frecuentes

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operario a distinto nivel.
- Caída de operarios al vacío.
- Caída de objetos sobre operarios.
- Choques o golpes contra objetos.
- Caída de materiales transportados.
- Atrapamiento y aplastamiento.
- Ruidos, contaminación acústica.
- Lesiones y /o cortes en manos y pies.
- Sobreesfuerzos.
- Vibraciones.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Desplomes, desprendimientos, hundimientos del terreno.
- Ambiente con polvo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Cuerpos extraños en los ojos.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Derivados del acceso al lugar de trabajo.
- Derivados medios auxiliares usados.
- Dermatitis por contacto con cemento y cal.
- Ambientes pobres en oxígeno.
- Inhalación de vapores y gases.
- Trabajo en zonas húmedas y mojadas.
- Explosiones o incendios.
- Radiaciones y derivados de soldadura.
- Quemaduras.
- Derivados del inadecuado almacenamiento de productos combustibles.

D. Medidas preventivas

- Marquesinas rígidas.
- Barandillas
- Pasos o pasarelas.
- Redes verticales.
- Redes horizontales.
- Andamios de seguridad.
- Tableros o planchas en huecos horizontales.
- Escaleras auxiliares adecuadas.
- Escalera de acceso de peldaños y protegida.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Carcasas, resguardos de protección de parte móviles de máquinas.
- Plataforma de descarga de materiales.
- Evacuación de escombros.
- Iluminación natural o artificial adecuada.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Distancia de seguridad de las líneas eléctricas.
- Limpieza de zonas de trabajo o de tránsito.

#### E. Equipos de Protección Individual

- Ropa de trabajo.
- Los cascos de seguridad con barbuquejo.
- Gafas para soldadores según la norma y la marca CE, con grado de protección 1,2 que absorben las radiaciones ultravioleta e infrarroja del arco eléctrico accidental.
- Gafas antiimpacto con ocular filtrante de color verde DIN-2, ópticamente neutro, en previsión de cebado del arco eléctrico.
- Gafas tipo cazoleta, de tipo totalmente estanco, para trabajar con esmeriladora portátil.
- Calzado de seguridad.
- Guantes aislantes
- Cinturón de seguridad.
- Faja elástica de sujeción de cinturón, clase A, según norma UNE 8135380 y marcado CE.
- Protección auditiva
- Banquetas de maniobra.
- Superficie de trabajo aislante para la realización de trabajos puntuales de trabajos en las inmediaciones de zonas en tensión. Antes de su utilización, es necesario asegurarse de su estado de utilización y vigencia de homologación.
- Comprobadores de tensión.
- Dispositivos temporales de puesta a tierra y en cortocircuito.
- En líneas aéreas sin hilo de tierra y con apoyos metálicos, se debe utilizar el equipo de puesta a tierra conectado equipotencialmente con el apoyo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

F. Intervención en instalaciones eléctricas

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión, se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (ocho reglas de oro de la seguridad eléctrica):

1. El circuito se abrirá con corte visible.
2. Los elementos de corte se enclavarán en posición de abierto, si es posible con llave.
3. Se señalarán los trabajos mediante letrero indicador en los elementos de corte "PROHIBIDO MANIOBRAR PERSONAL TRABAJANDO".
4. Se verificará la ausencia de tensión con un discriminador de tensión o medidor de tensión.
5. Se cortocircuitarán las fases y se pondrá a tierra.
6. Desenrollar completamente el conductor del dispositivo si éste está enrollado sobre un torno, para evitar los efectos electromagnéticos debidos a un cortocircuito eventual.
7. Fijar las pinzas sobre cada uno de los conductores, utilizando una pértiga aislante o una cuerda aislante y guantes aislantes, comenzando por el



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD  
conductor más cercano. En B.T., las pinzas podrán colocarse a mano, a condición de utilizar guantes dieléctricos, debiendo además el operador mantenerse apartado de los conductores de tierra y de los demás conductores.

8. Para retirar los dispositivos de puesta a tierra y en cortocircuito, operar rigurosamente en orden inverso.

Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas, se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un Jefe de Trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo. Las herramientas que utilicen y prendas de protección personal deberán ser homologadas.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones:

- En un primer momento se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen el riesgo.
- Si no es posible cortar la tensión se protegerá mediante mamparas aislante (vinilo).
- En el caso que no fuera necesario tomar las medidas indicadas anteriormente se señalará y delimitará la zona de riesgo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

G. Herramientas Eléctricas Portátiles

- La tensión de alimentación de las herramientas eléctricas portátiles de accionamiento manual no podrá exceder de 250 Voltios con relación a tierra.
- Las herramientas eléctricas utilizadas portátiles en las obras de construcción de talleres, edificaciones etc., serán de clase II o doble aislamiento.
- Cuando se trabaje con estas herramientas en recinto de reducidas dimensiones con paredes conductoras (metálicas por ejemplo) y en presencia de humedad, estas deberán ser alimentadas por medios de transformadores de separación de circuito.
- Los transformadores de separación de circuito llevarán la marca y cuando sean de tipo portátil serán de doble aislamiento con el grado de IP adecuado al lugar de utilización.
- En la ejecución de trabajos dentro de recipientes metálicos tales como calderas, tanques, fosos, etc., los transformadores de separación de circuito deben instalarse en el exterior de los recintos, con el objeto de no tener que introducir en estos cables no protegidos.
- Las herramientas eléctricas portátiles deberán disponer de un interruptor sometido a la presión de un resorte que obliga al operario a mantener constantemente presionado el interruptor en la posición de marcha.
- Los conductores eléctricos serán del tipo flexible con un aislamiento reforzado de 440 Voltios de tensión nominal como mínimo.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Las herramientas portátiles eléctricas no llevarán hilo ni clavija de toma de tierra.

### H. Herramientas Eléctricas Manuales

- Deberán estar todas Homologadas según la Norma Técnica Reglamentaria CE sobre "Aislamiento de Seguridad de las herramientas manuales utilizadas en trabajos eléctricos en instalaciones de Baja Tensión".
- Las Herramientas Eléctricas Manuales podrán ser dos tipos:
  - Herramientas Manuales: Estarán constituidas por material aislante, excepto en la cabeza de trabajo, que puede ser de material conductor.
  - Herramientas aisladas: Son metálicas, recubiertas de material aislante.
- Todas las herramientas manuales eléctrica llevarán un distintivo con la inscripción de la marca CE, fecha y tensión máxima de servicio 1.000 Voltios".

### I. Lámparas Eléctricas Portátiles

- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Deberán responder a las normas UNE 20-417 y UNE 20- 419
- Estar provistas de una reja de protección contra los choques.
- Tener una tulipa estanca que garantice la protección contra proyecciones de agua.
- Un mango aislante que evite el riesgo eléctrico.
- Deben estar construídas de tal manera que no se puedan desmontar sin la ayuda de herramientas.
- Cuando se utilicen en locales mojados o sobre superficies conductoras su tensión no podrá exceder de 24 Voltios.
- Serán del grado de protección IP adecuado al lugar de trabajo.
- Los conductores de aislamiento serán del tipo flexible, de aislamiento reforzado de 440 Voltios de tensión nominal como mínimo.

#### J. Seguridad en la instalación eléctrica

El centro de transformación tendrá las mínimas protecciones que comprenden aspectos tales como la puesta a tierra del neutro del transformador, protección contra sobrecorrientes, el transformador al estar al alcance de personas no especializadas estará construido o situado de manera que su arrollamiento y elementos bajo tensión sean inaccesibles.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

La caja general de protección será de un material aislante y autoextinguible, dispondrá de doble aislamiento, estará ventilada y situada en la zona de fácil acceso.

### 7. FORMACIÓN

Todo personal a ingresar en la obra deberá recibir información sobre la exposición de los riesgos a lo que se verá sometido, de los métodos de trabajo junto con las medidas de seguridad que deberá emplear. Se seleccionará al personal más cualificado para impartir cursos de primeros auxilios, para que así exista en la obra personal con dichos conocimientos.

### 8. PRIMEROS AUXILIOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Se establecerán las medidas precisas para la implantación de un sistema sanitario para la prevención de enfermedades profesionales, en función de los riesgos posibles y la atención de primeros auxilios en la propia obra para lo cual se dispondrá en la oficina de obra de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En la oficina de obra, existirá un *botiquín fijo*, señalizado en el exterior mediante cartel de amplia visibilidad. El material del botiquín se revisará mensualmente y se repondrá inmediatamente el material usado. El contenido del mismo como mínimo será el siguiente:

- ✓ Agua oxigenada y alcohol de 96 °
- ✓ Mercurocromo
- ✓ Gasa estéril y algodón hidrófilo
- ✓ Vendas y esparadrapo
- ✓ Analgésicos



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- ✓ Torniquete
- ✓ Bolsas de goma para agua o hielo
- ✓ Guantes esterilizados
- ✓ Tiritas
- ✓ Antisépticos, tijeras y pinzas
- ✓ Manta térmica

Se deberá informar a la Obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos, Servicios propios, Mutuas Patronales y Mutualidades Laborales y Ambulatorios, etc. a donde deben ser trasladados los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

El traslado de los posibles accidentados en la obra, se realizará en ambulancia o en vehículo particular, y se llevará a cabo a través de vías lo más rápidas posibles, al objeto de que la duración del trayecto desde la obra al centro de atención, en condiciones normales de tráfico, no exceda de diez o quince minutos.

Se dispondrá en la obra y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados, para servicio de urgencias, ambulancias, taxis, etc., al objeto de garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros respectivos. Esta lista de información se representa en la siguiente *tabla 13.7* donde se encontrará la información necesaria ante una situación de emergencia. También debe contarse con la existencia, en la proximidad de la obra, de clínicas privadas, algunas de las cuales pueden estar concertadas con la Mutua Patronal de la Empresa Constructora.

En un plano de situación se representará, sobre el mapa urbano, la situación de los Centros sanitarios más cercanos y las vías de evacuación recomendadas.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo, así como un examen psicotécnico elemental. El cual será repetido en el periodo de un año.

Tabla 13.7: Teléfonos de interés

|                                                   | TELÉFONO           | DISTANCIA DESDE LA OBRA |
|---------------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| <b>Policía Local</b>                              | 975 31 01 51       |                         |
| <b>Guardia Civil</b>                              | 975 30 00 02 / 062 |                         |
| <b>Bomberos</b>                                   | 670 97 50 65 / 085 |                         |
| <b>Centro de salud de Almazán<br/>(urgencias)</b> | 975 30 09 61       | 1 Km                    |
| <b>Emergencias</b>                                | 112                |                         |
| <b>Hospital Santa Bárbara<br/>(Soria)</b>         | 975 22 10 00       | 36 Km                   |
| <b>Hospital Virgen del Mirón<br/>(Soria)</b>      | 975 22 08 50       | 37 Km                   |

## 9. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS

De acuerdo con la normativa vigente, serán señalizadas las carreteras, caminos y zonas de acceso, tomándose para cada caso las medidas que así se requieran.

Queda totalmente prohibido el acceso a toda persona ajena a la obra, colocándose si fuese necesarios cerramientos alrededor de la misma. Además se encontrarán señalizados los accesos naturales de la obra.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Todas las señales necesarias de las que dispondrá la obra se recogen al final del Anejo 6 de Seguridad y Salud donde se ilustran las siguientes figuras, la *Figura 13.3. Señalización de uso obligatorio. Figura 13.4. Señales de prevención. Figura 13.5. Señales de prohibición.*

### 10. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

En la obra se encontrará una persona física designada con la función de coordinador, siendo elegida la misma persona para la elaboración del proyecto como en la ejecución de la misma.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones que se muestran a continuación.

1. Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
2. Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y el personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el al Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
3. Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista, y en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
4. Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 25 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
5. Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
6. Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

La dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

### **11. DISPOSICIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE A LAS OBRAS**

Se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción de acuerdo con las obligaciones previstas en el Anejo IV del Real Decreto 1627/1997. Siendo aplicadas siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

### **12. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA**

Existen una serie de obligaciones que deben de seguir tanto el contratista como el subcontratista:

1. Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular deben de cumplir:
  - Buen mantenimiento de la obra, buen estado de limpieza.
  - Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
  - Manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
  - Mantenimiento, control preventivo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
  - Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materiales peligrosos.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

- Recogida de materiales peligrosos.
  - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - Adaptación de los periodos de tiempos efectivos que habrá que invertir en cada actividad o fase de trabajo.
  - Interacción o incompatibilidad con cualquier otro trabajo.
2. Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se especifica a seguridad y salud.
  3. Atender las indicaciones del coordinador.
  4. Cumplir y hacer cumplir a sus trabajadores lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
  5. Cumplir la normativa, en cuanto a lo expuesto en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir con las establecidas en el Anejo IV del Real Decreto 1627/ 1997.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas preventivas en el Plan.

Las responsabilidades del coordinador, dirección facultativa y el promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

**13. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS**

Los trabajadores autónomos deberán de seguir una serie de obligaciones, las cuales se muestran a continuación:

1. Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular deben cumplir con lo siguiente.
  - Mantenimiento de la obra, buen estado de limpieza y orden.
  - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - Recogida de materiales peligrosos empleados.
  - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá que emplear en los distintos trabajos o fases.
  - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Interacción o incompatibilidad con cualquier trabajo o actividad.
  
2. Cumplir con las disposiciones mínimas establecidas en el Anejo IV del Real Decreto 1627/1997.
  
3. Cumplir la normativa, en cuanto a lo expuesto en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  
4. Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartado 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
  
5. Empleo de equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
  
6. Elección y empleo de equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

7. Atender a las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán de cumplir con lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

### **14. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

El promotor antes del inicio de la actividad deberá de designar un coordinador en materia de seguridad y salud. El será el responsable cuando se lleve a la ejecución en obra de las distintas empresas y trabajadores autónomos.

Según el Real Decreto 1627/1997 en el Artículo 2, apartado 2, se establece que el contratista y el subcontratista y tendrán la consideración de empresario a los efectos previstos en la normativa sobre prevención de riesgos laborales. Como es habitual, en las obras de edificación la existencia de numerosos subcontratistas, será previsible la existencia del coordinador en la fase de ejecución.

La designación del coordinador en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anejo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

### **15. LIBRO DE INCIDENCIAS**

Existirá un libro de incidencias en el cual se recogerán los controles y el seguimiento del Plan de Seguridad y Salud el cual contarán con hojas en duplicado.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador, teniendo acceso al mismo la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores y los técnicos especializados en las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Cuando se lleve a cabo la anotación de una incidencia en dicho libro el coordinador estará obligado a remitir en un plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra, en este caso en la provincia de Soria. Igualmente se notificará dicha incidencia al contratista y a los representantes de los trabajadores.

### **16. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

El coordinador durante la ejecución de la obra observará el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, siendo comunicada la advertencia al contratista y quedando registrada en el Libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave o inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Siendo comunicada a su vez a efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad y Salud de la provincia de Soria.

Además se notificará al contratista y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

## **17. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Tanto contratistas como subcontratistas deberán garantizar a los trabajadores el acceso de una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que respecta a seguridad y salud en la obra.

Se facilitará por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo de una copia del Plan de Seguridad y Salud, y de sus posibles modificaciones.

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



Figura 13.3. Señales de uso obligatorio



Figura 13.4: Señales de prevención



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 13. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD



Figura 13.5: Señales de prohibición

*ANEJO 14*  
*ESTUDIO ECONÓMICO*

## ÍNDICE ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Página

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. EVALUACIÓN DE LA PARTIDA DE MAQUINARIA Y APARATOS</b>    | <b>251</b> |
| 1.1. Coste del reactor de ozonización y del generador de ozono | 251        |
| 1.2. Coste de tanques de almacenamiento                        | 253        |
| 1.3. Costes de las tuberías                                    | 254        |
| 1.4. Costes de los equipos de impulsión                        | 257        |
| 1.5. Costes de válvulas                                        | 257        |
| <b>2. EVALUACIÓN DE COSTES</b>                                 | <b>258</b> |
| 2.1. INVERSIÓN                                                 | 258        |
| 2.2. Vida útil del proyecto                                    | 258        |
| 2.3. Consumo eléctrico                                         | 260        |
| 2.4. Consumo de agua                                           | 261        |
| 2.5. Costes de mantenimiento                                   | 262        |
| 2.6. Seguros                                                   | 262        |
| 2.7. Impuestos                                                 | 262        |
| 2.8. Costes directos                                           | 262        |
| 2.9. Mano de obra                                              | 263        |
| 2.10. Costes de gestión                                        | 263        |
| <b>3. Coste del tratamiento del agua</b>                       | <b>264</b> |



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

En este documento se llevará a cabo un estudio económico para estimar la inversión necesaria para implantar el proceso a nivel industrial.

### 1. EVALUACIÓN DE LA PARTIDA DE MAQUINARIA Y APARATOS

#### 1.1. Coste del reactor de ozonización y del generador de ozono

El precio de la columna de contacto se estima mediante el peso del acero inoxidable necesario para su construcción. El precio de un recipiente a presión viene determinado por la siguiente ecuación (Peter y Col, 2003):

$$\text{Coste reactor } \$ (1990) Ib = 80 \cdot (W_{\text{reactor}})^{-0,34}$$

Siendo W, el peso del reactor. El cual se calcula mediante el volumen empleado en el diseño del mismo multiplicando por la densidad de acero, cuyo valor es igual a 7950 kg/cm<sup>3</sup>.

En cuanto al volumen de acero utilizado se estima mediante el área de la carcasa y de los fondos multiplicados ambos por el espesor obtenido en el diseño mecánico. El volumen de acero necesario se calcula mediante el área de la carcasa y de los fondos multiplicando ambos por el espesor comercial obtenido en el diseño mecánico. Para ello se tiene en cuenta la altura y el diámetro del reactor.

En cuanto a los fondos se calculan mediante el área de la esfera hueca, donde el radio interno corresponde con la mitad del diámetro del cilindro y el externo con el interno más el espesor. Como se muestra a continuación.

$$\text{Carcasa} \rightarrow b \cdot h = 5\text{ m} \cdot 7\text{ m} = 35\text{ m}^2 \cdot 9,53 \cdot 10^{-3}\text{ m}(\text{espesor}) = 0,333\text{ m}^3$$

$$\text{Fondo} \rightarrow d \cdot \pi = 15,7\text{ m}^2 \cdot (7,94 \cdot 10^{-3})\text{ m}(\text{espesor}) = 0,125\text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} \rightarrow \text{carcasa} + \text{fondo} = 0,458\text{ m}^3$$



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Al valor de peso total obtenido se le adicionará un 20% más que se corresponde con el material utilizado para las boquillas, boca de alimentación y demás componentes extras que presenta el reactor. De esta forma la ecuación para el cálculo del reactor queda de la siguiente forma:

$$W_{reactor} = 1,2 \cdot (V_{acero} \cdot \rho_{acero})$$

El coste del recipiente que se obtiene se corresponde al año 1990, y por lo tanto será necesario utilizarlo mediante los Índices de Costes de Plantas de Ingeniería Química (CEPSI) siendo este valor igual a 357,6 en los años 1990. Existe constancia de valores hasta el año 2009 cuyo valor es de 511,8; pero cabe destacar la crisis económica que se produce en el año 2010 con lo que se produce una reducción de dicho valor, obteniéndose un valor de 518,3 para el año 2011 y un valor de 520,9 para el año 2012 ; por lo que se realiza una regresión lineal hasta el año 2015, obteniendo un valor de CEPSI igual a 528,46. Para obtener el coeficiente de actualización se dividirá el CEPSI actual entre el del 1990, obteniéndose así un valor igual a 1,50.

También se debe realizar un cambio de moneda, ya que a fecha de 28 de Mayo de 2015 el precio es 0,9148 \$ corresponden a 1 €.

Obteniendo la siguiente tabla donde se recogen los resultados.

Tabla 14.1. Resultados de los costes de ozonización

|                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Volumen acero inoxidable (m<sup>3</sup>)</b>              | 0,457     |
| <b>Densidad acero inoxidable AISI 316 (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 7950      |
| <b>Peso reactor ozonización (kg)</b>                         | 3.633,15  |
| <b>Peso reactor ozonización + 20%</b>                        | 4.459,78  |
| <b>Peso reactor ozonización (lb)</b>                         | 9.591,52  |
| <b>Coste reactor ozonización \$(1990) /lb</b>                | 3,54      |
| <b>Coste reactor de ozonización \$ (1990)</b>                | 33.953,98 |
| <b>Coste reactor de ozonización € (2015)</b>                 | 55.674,43 |

\*lb (unidad de medida, Libras, 1kg → 2,2 lb)



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

En cuanto al precio del generador de ozono, como ya he mencionado anteriormente no se diseña, sino que se adquiere de la empresa WEDECO, siendo a la misma a la que se la pide un presupuesto, obteniendo como contestación un valor igual de 45.650€. Y un valor igual a 2.360 € para el destructor del ozono necesario para la planta. La bombona de oxígeno también se adquiere de esta empresa siendo su valor igual a 850€.

### 1.2. Coste de tanques de almacenamiento

Para realizar el coste de los tanques de almacenamiento (TK-101 y TK-102) se obtiene en función de la capacidad para calcular un coste aproximado.

Al igual que en el caso anterior se hace uso del coeficiente de actualización (1,5) y el cambio de dólares a euros, ya que según la fórmula empleada obtenemos los valores en dólares.

A continuación se muestra en la siguiente tabla el resumen de los costes de los tanques de almacenamiento.

Tabla 14.2. Resultado de coste de los tanques de almacenamiento

|                                                              | TK-101    | TK-102     |
|--------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| <b>Volumen acero inoxidable (m<sup>3</sup>)</b>              | 0,58      | 1,56       |
| <b>Densidad acero inoxidable AISI 316 (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 7850      | 7850       |
| <b>Peso reactor ozonización (kg)</b>                         | 4.553     | 12.246     |
| <b>Peso reactor ozonización + 20%</b>                        | 5.463,6   | 14.695,2   |
| <b>Peso (coeficiente de actualización (lb))</b>              | 12.019,92 | 32.329,44  |
| <b>Coste reactor ozonización \$(1990) /lb</b>                | 3,28      | 2,34       |
| <b>Coste reactor de ozonización \$ (1990)</b>                | 39.429,84 | 75.650,88  |
| <b>Coste reactor de ozonización € (2015)</b>                 | 64.653,21 | 124.044,95 |



### 1.3. Costes de las tuberías

Para el cálculo de los costes de tuberías se tiene en cuenta el volumen empleado en las mismas. Para ello hacemos uso de las ecuaciones anteriormente explicadas.

Teniendo en cuenta que en este caso, las tuberías son huecas, por lo que el área de las mismas se realiza mediante el área de la corona circular por la longitud de las mismas.

Para ello hacemos uso de la siguiente ecuación.

$$A = (R^2 - r^2) \cdot \pi$$

Siendo  $R$ , el radio de toda la tubería y  $r$ , hace referencia al radio menos el espesor del acero dimensionado.

$$A = \left[ \left( \frac{0,13}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,13 - 0,00635}{2} \right)^2 \right] \cdot \pi = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Una vez obtenido el área de acero a utilizar en las tuberías, se procede al cálculo del volumen en función de cada línea según su longitud. Teniendo en cuenta que el material empleado para las tuberías es acero inoxidable AISI 316, procedemos al cálculo del mismo, para ello se hace uso de las mismas fórmulas anteriormente empleadas. También se cuenta con el coeficiente de actualización del 1,5.

Todas las líneas de circulación cuentan con una línea secundaria de seguridad. Por lo que se tendrá en cuenta a la hora de realizar los cálculos de las mismas, como se muestra a continuación.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Tabla 14.3. Resultado de coste de Tubería de agua

|                                                         | Línea 1                | Línea 1.1               | Línea 2                 | Línea 2.2               | Línea 3                 | Línea 3.3               |
|---------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Volumen acero inoxidable (m <sup>3</sup> )              | 8,3 · 10 <sup>-3</sup> | 6,03 · 10 <sup>-3</sup> | 9,86 · 10 <sup>-3</sup> | 6,03 · 10 <sup>-3</sup> | 6,32 · 10 <sup>-3</sup> | 6,03 · 10 <sup>-3</sup> |
| Densidad acero inoxidable AISI 316 (kg/m <sup>3</sup> ) | 7950                   | 7950                    | 7950                    | 7950                    | 7950                    | 7950                    |
| Peso tubería de agua (kg)                               | 65,99                  | 47,94                   | 78,39                   | 47,94                   | 50,24                   | 47,94                   |
| Peso tubería de agua + 20%                              | 79,19                  | 57,53                   | 94,07                   | 57,53                   | 60,29                   | 57,53                   |
| Peso (coeficiente de actualización) (lb)                | 174,21                 | 126,56                  | 202,95                  | 126,56                  | 132,64                  | 126,56                  |
| Coste tubería de agua \$(1990) /lb                      | 13,8                   | 15,43                   | 15,4                    | 15,43                   | 15,18                   | 15,43                   |
| Coste tubería agua \$ (1990)                            | 2.411,0                | 1.952,82                | 3.125,43                | 1.952,82                | 2.012,95                | 1.952,82                |
| Coste tubería de agua € (2015)                          | 3.953,33               | 3.202,04                | 5.124,77                | 3.202,04                | 3.300,64                | 3.202,04                |
| <b>COSTE TOTAL €</b>                                    | <b>21.984,86 €</b>     |                         |                         |                         |                         |                         |



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

A continuación, se calcula el coste de las tuberías por las que va a circular el ozono del sistema. Estas al igual que el caso anterior, están fabricadas con material de acero inoxidable, A316. En concreto para estos circuitos contamos con circulación simple.

Siendo para este caso un área de la tubería de ozono igual a:

$$A = \left[ \left( \frac{0,01036}{2} \right)^2 - \left( \frac{0,01036 - 0,00476}{2} \right)^2 \right] \cdot \pi = 5,97 \cdot 10^{-5} m^2$$

Se recoge en forma de tabla el resumen de costes de la canalización de ozono.

*Tabla 14.4. Resumen costes de Tubería de Ozono*

|                                                              | <b>Línea 1</b>          | <b>Línea 2</b>          |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Volumen acero inoxidable (m<sup>3</sup>)</b>              | 7,70 · 10 <sup>-5</sup> | 5,13 · 10 <sup>-5</sup> |
| <b>Densidad acero inoxidable AISI 316 (kg/m<sup>3</sup>)</b> | 7950                    | 7950                    |
| <b>Peso tubería de ozono(kg)</b>                             | 0,612                   | 0,408                   |
| <b>Peso tubería de ozono + 20%</b>                           | 0,734                   | 0,489                   |
| <b>Peso (coeficiente de actualización) (lb)</b>              | 1,616                   | 1,077                   |
| <b>Coste tubería de ozono \$(1990) /lb</b>                   | 67,95                   | 78,00                   |
| <b>Coste tubería de ozono \$ (1990)</b>                      | 109,81                  | 84,00                   |
| <b>Coste tubería de ozono € (2015)</b>                       | 180,05                  | 137,74                  |
| <b>Coste TOTAL €</b>                                         | <b>317,79 €</b>         |                         |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

#### 1.4. Costes de los equipos de impulsión

Las bombas centrífugas, como se ha comentado anteriormente, serán adquiridas de la empresa EBARA ESPAÑA S.A.

Para la selección de las mismas se ha tenido en cuenta la capacidad, la potencia y el precio.

A continuación se muestra la tabla resumen del coste de las bombas, cuyo precio ha sido proporcionado por unos de los empleados de la empresa.

*Tabla 14.5. Resumen de costes de bombas centrífugas a implantar*

| BOMBA                 | MODELO        | Nº DE BOMBAS | PRECIO POR UNIDAD (PVP) | PRECIO TOTAL (PVP) |
|-----------------------|---------------|--------------|-------------------------|--------------------|
| Centrifuga horizontal | 3M 65 125/7.5 | 6            | 2.610,0 €               | 15.660 €           |

#### 1.5. Costes de válvulas

Para esta partida se precisa del empleo de válvulas, codos, recoros, etc. para la instalación del sistema. Por lo que, para este proyecto en concreto, la partida oscila entre 5-8 %.

Teniendo en cuenta que se trata de una instalación pequeña, se considera un porcentaje del 5% del costo total de la maquinaria (reactor de ozonización, bombas y tanques de almacenamiento), siendo este valor igual a 13.001,63 €.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

## 2. EVALUACIÓN DE COSTES

Los costes de producción son aquellos que comprenden los costes de fabricación y los costes de administración y venta, conocidos como gastos generales. Estos costes pueden agruparse en dos bloques, los costes directos y los costes indirectos.

Se considera un año productivo a 333 días laborables.

### 2.1. INVERSIÓN

De acuerdo con lo especificado en el Presupuesto del presente Proyecto, las inversiones a llevar a cabo son:

Costes de realización del proyecto (sin IVA) = 655.003,68 €

Costes de realización del proyecto (21% IVA) = 792.554,45 €

Según el plan financiero planteado se desembolsarán las siguientes cantidades de dinero:

#### Año 0 de Proyecto

Se desembolsarán el 100 % de coste, es decir, 792.554,45 €, los cuales hacen referencia a los costes de Obra civil, maquinaria, instalaciones, etc.

### 2.2. Vida útil del proyecto

Se entiende como vida útil del proyecto, el número de años durante los que se considera que la inversión da beneficio.



## DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Se estima una vida útil de 25 años para la obra civil, instalaciones y bombas; y para la maquinaria (generador, destructor de ozono, reactor y tanques) y biofiltro una vida útil de 15 años.

A continuación, se procede al cálculo de amortización que presenta el proyecto. Teniendo en cuenta que se define como cualquier activo fijo o bien material o inmaterial, que pase a formar parte de la estructura de la actividad que una sociedad sufre como consecuencia del paso del tiempo, una depreciación o pérdida de valor. Las causas de las pérdidas pueden ser seguras (consumo, tiempo limitado de uso y desgaste físico y químico) o posibles (envejecimiento técnico). Para el cálculo se utiliza un método líneas o de cuotas fijas ya que se trata de un método cómodo y sencillo aceptado universalmente, mediante la siguiente ecuación:

$$A_n = \frac{I - R}{t}$$

Donde  $A_n$  es la cuota de amortización,  $I$  es el coste de adquisición de un equipo,  $R$  es el valor residual, y  $t$  es la vida útil del equipo. Se considera para este caso un valor residual del 5% de su coste de adquisición, por lo que se obtiene los siguientes resultados.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Tabla 14.6. Cálculo amortización

| Equipo              | Vida útil (años) | I (€)      | R (€)    | Amortización(€)  |
|---------------------|------------------|------------|----------|------------------|
| Obra civil          | 25               | 111.731,46 | 5.586,57 | 4.245,80         |
| Bombona oxígeno     | 15               | 884,46     | 44,22    | 56,02            |
| Generador de ozono  | 15               | 47.028,46  | 2.351,42 | 2.978,47         |
| Reactor ozonización | 15               | 57.316,85  | 2.865,84 | 3.630,07         |
| Destructor de ozono | 15               | 2.439,76   | 121,99   | 154,52           |
| Bombas              | 25               | 16.183,56  | 809,18   | 614,98           |
| Tanques             | 15               | 194.377,03 | 9.718,85 | 12.310,54        |
| Biofiltro           | 15               | 64.767,23  | 3.238,36 | 4.101,92         |
| <b>TOTAL</b>        |                  |            |          | <b>28.092,32</b> |

### 2.3. Consumo eléctrico

El consumo eléctrico dependerá del número de horas que se encuentre en funcionamiento el sistema, en este proyecto en concreto, la conexión será de 24 horas diarias.

El coste de energía eléctrica según la BOE, tiene un precio de 0,104 €/kW día.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

Tabla 14.7. Resumen de consumos eléctricos

| Equipo              | P (KW) | Actividad (h) | Consumo eléctrico (kWh/día) | Consumo eléctrico (kWh/año) |
|---------------------|--------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Bombas (3)          | 22,88  | 24            | 1.571,88                    | 523.436,04                  |
| Generador de ozono  | 170,9  | 24            | 4.101,6                     | 1.365.832,8                 |
| Destructor de ozono | 0,06   | 24            | 1,44                        | 479,52                      |
| Biofiltro           | 73,75  | 24            | 1.770                       | 589.410                     |
| <b>TOTAL</b>        |        |               |                             | <b>2.479.158,36</b>         |

Coste anual en el consumo eléctrico es igual a:

$$\text{Coste: } 2.479.158,36 \text{ kWh/año} \times 0,104 \text{ €} = 257.832,47\text{€/año}$$

## 2.4. Consumo de agua

Además del consumo eléctrico, también se debe de tener en cuenta el consumo de agua necesaria para la refrigeración del sistema y para la limpieza del biofiltro. Siendo para estos equipos un caudal necesario de 7,68 m<sup>3</sup>/día para la refrigeración del generador de ozono, y un caudal de 60 m<sup>3</sup>/día para el lavado del biofiltro. Sabiendo que el precio del agua industrial es de 0,88 €/m<sup>3</sup>, tenemos un consumo de 19.832,95€/año.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

## 2.5. Costes de mantenimiento

Se destinará un 5% del presupuesto al mantenimiento de las maquinarias y equipos de la instalación. Estos costes son originados por la revisión periódica de la maquinaria y aparatos, la sustitución previsor de piezas desgastadas y las reparaciones necesarias para mantener los elementos de fabricación en condiciones eficientes. Teniendo un precio igual al 5% del 23.846,52 € (coste de equipos), se obtiene un coste de mantenimiento igual a 1.192,33 €/año.

## 2.6. Seguros

Hace referencia el apartado de seguros a aquellas instalaciones y maquinarias a implantar en el proyecto. Se estima que el valor de los seguros asciende un 1% del total de la inversión, siendo igual a: 7.925,54 €.

## 2.7. Impuestos

Se trata de impuestos de tipo local, no de aquellos que cargan sobre beneficio, que pueden gravar a la fábrica y sus terrenos en calidad de imposición fija. Por lo que se considera parte integrante del coste de fabricación. Su valor varía entorno 0,5-1% de la inversión, siendo seleccionado para este caso en particular un impuesto del 0,5% de la inversión, es decir, 3.962,77 €.

## 2.8. Costes directos

Los costes directos hacen referencia a los costes variables, como la materia prima que intervenga en el proceso. En este caso, la principal materia prima es el agua residual industrial que se obtiene de la industria papelera, la cual no se imputará como gasto



# DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

de materia prima. El resto de materias primas son el oxígeno que se compra en estado licuado a proveedores externos.

Teniendo en cuenta que el precio del oxígeno licuado es de 70 €/t, y teniendo un consumo anual de ozono igual a 7.112,88 kg/año; por lo que, se realiza un gasto de oxígeno licuado igual a 3.788,21 kg/año. Se produce un coste anual en materia prima de oxígeno licuado igual a 265,18 €/año.

### **2.9. Mano de obra**

En concreto para este proyecto va a ser de necesidad contar con un único operario encargado del mantenimiento del sistema. Correspondiendo el operario a una categoría profesional, operario de mantenimiento, siendo el salario igual a 15.600 €/año. Además hay que tener en cuenta la Seguridad social del mismo, siendo este valor igual al 35,6% del coste total, es decir 5.553,6 €/año.

### **2.10. Costes de gestión**

Los costes de gestión se corresponden con los costes de administración y ventas, se divide en dos grupos los gastos variables que son los comerciales y los fijos, es decir, la ganancia, la gerencia, los gastos financieros y los servicios técnicos e investigación.

Los gastos comerciales comprenden los gastos derivados de la venta de los productos, incluyendo representantes, viajantes, propaganda, etc. En el caso de este proyecto en concreto el producto es el agua que se recircula y el agua vertido al río, por lo tanto, no se vende. Siendo en este caso un valor nulo.



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

En la siguiente tabla se recoge el resumen de la evolución de los costes.

Tabla 14.8. Resumen de costes

| Costes            | €                |
|-------------------|------------------|
| Inversión         | 792.554          |
| Amortización      | 28.092           |
| Consumo eléctrico | 257.832          |
| Consumo de agua   | 19.832           |
| Mantenimiento     | 1.192            |
| Seguros           | 7.925            |
| Impuestos         | 3.962            |
| Costes directos   | 265              |
| Mano de obra      | 21.153           |
| <b>TOTAL</b>      | <b>1.132.707</b> |

### 3. Coste del tratamiento del agua

El coste de tratamiento de agua se estudia mediante los costes de producción totales en el primer año dividido por el volumen anual de agua tratada en la planta, considerando un año con 333 días productivos. Con este estudio se calcula el coste de producción de un m<sup>3</sup> de agua a partir del agua residual de la industria papelera.

Tabla 14.9 Costes de tratamiento

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| Volumen de agua residual tratada (m <sup>3</sup> /año) | 732.000   |
| Costes de producción anuales (€/año)                   | 1.132.707 |
| Coste de tratamiento (€/m <sup>3</sup> )               | 1,55      |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 14. ESTUDIO ECONÓMICO

El costo del tratamiento como tal no es rentable desde el punto de vista económico.

No obstante, teniendo en cuenta que el objetivo del presente proyecto es el compromiso medioambiental, para así evitar sanciones y actuaciones perjudiciales para el río receptor del vertido. Su inversión se puede efectuar con subvenciones o en su defecto con parte de los beneficios que obtiene actualmente la planta industrial.

*ANEJO 15*  
*BIBLIOGRAFÍA Y*  
*NORMATIVA*



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 15. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., Sanz, J., “Informe de vigilancia tecnológica. Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales”. [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2\\_tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf) (Consultada a 25 de Febrero de 2015)
- [2] Sekoulov, I., Rüdiger, A., Barz, M., TerraVivaTec S.L. (Barcelona 2008, 2009) “Biofiltración innovadora para el tratamiento de aguas residuales producidas por comunidades e industrias”. [https://procesosbio.wikispaces.com/file/view/AQUABIOdom\\_Biofiltracion+innovadora+para+el+tratamiento+de+aguas+residuales.pdf](https://procesosbio.wikispaces.com/file/view/AQUABIOdom_Biofiltracion+innovadora+para+el+tratamiento+de+aguas+residuales.pdf) (Consultada a 4 de Marzo de 2015)
- [3] <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=732>  
(Consultada a 4 de Marzo de 2015)
- [4] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Publicaciones. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/396/biofiltra.html> (Consultada a 4 de Marzo de 2015)
- [5] Fundamentos de Ingeniería Química. Constante química (2011). Hermosilla D. (Consultada a 20 de Febrero de 2015)
- [6] ASME Boiler and Pressure Vessel Code. RULES FOR CONSTRUCTION OF PRESSURE VESSELS. VIII Div. 1. (2007)
- [7] Empresa Xylem Technologies. Disponibilidad en marca WEDECO. Disponible en: <http://www.xylem.com/treatment/es/products/ocs-ozone-system> (Consultada a 20 de Marzo)



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 15. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

- [8] ASME B.31.3-2010. Tuberías de proceso. Código para tuberías a presión B-31.
- [9] Costa Novella, E. "Ingeniería química, Volumen 3 (Flujo de fluido)". Editorial Alhambra, Madrid, 1985.
- [10] Ingeniería Agroforestal. Temario Hidráulica y riegos. Bombas. Universidad de Sevilla [http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial\\_04.htm](http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_04.htm)
- [11] Tabla Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas. [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/viscoh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf)
- [12] Empresa de Bombas EBARA ESPAÑA BOMBAS S.A. Disponible en: <http://www.ebara.es/productos/bombas-centrifugas-horizontales/serie-3-3m-3lm/>
- [13] Propiedades Acero Inoxidable AISI 316. <http://data.irestal.com/files/files/2012030204152933979.pdf>  
<http://www.multimet.net/pdf/clasificacionaceros.pdf>
- [14] Definición de acero inoxidable. Disponible en: <http://www.aperam.com/precision/es/calidades/austenitico.html>
- [15] Gamboa Poveda, E. Álvarez Martínez, R. "Acero Inoxidable 316 y 316 L, Propiedades y características físico- químicas "Fundación Universitaria los libertadores. <http://materialesfull.wikispaces.com/file/view/ACERO..pdf>
- [16] McGraw-Hill, Inc. Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. Madrid. Capítulo 10.5 Filtros percoladores.
- [17] Ramalho R., S. Publicación en la Universidad de Salamanca "Filtros percoladores" <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/PERCOLADORES.pdf> (Consultada el 6 de Marzo de 2015)



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

ANEJO 15. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

[18] Arana de Pablo, A., (Universidad Pública de Navarra, Escuela superior de Ingenieros Agrónomos, Septiembre 2010) “Biofiltro edificio de tamices de la EDAR de Arazuri: estudio y propuesta de mejoras”. (Consultada a 9 de Marzo de 2015)

[19] Valencia Montoya, G. Profesor Asociado y Decano, División de Ingeniería, Universidad del Valle, Catí, Colombia. Profesor Internacional de CEPIS y CIFCA. “Filtros percoladores”. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/05862/05862-09.pdf>  
(Consultada a 9 de Marzo de 2015)

[20] INSHT. “Ficha Internacional de Seguridad química: Ozono”. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (2009).

[21] Luna Sánchez, L. García Fernández, J.L. Instalaciones eléctricas de baja tensión en el sector agrario y agroalimentario. Ediciones Mundi-prensa (2008). (Consultada 4 de Mayo de 2015).

[22] Short de García, J.M., García Martín, T. “Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas. Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño”, 2ª edición, Ediciones Díaz de Santos, (2008).



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

ANEJO 15. BIBLIOGRAFÍA Y NORMATIVA

## **NORMAS PARA LA EXPLOTACIÓN**

- CTE. DB. SE. BASES DE CÁLCULO
- CTE.DB.SE.AE. ACCIONES DE LA EDIFICACIÓN
- CTE.DB.SE.C. CIMENTACIÓN
- CTE.DB.SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO
- CTE.DB. HS. SALUBRIDAD
- CTE.DB. HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO
- Ley 11/2003 de Prevención de Impacto Ambiental de Castilla y León
- Ley 16/2002 de Prevención y control integrados de la contaminación
- Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos laborales
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción
- ITC-BT. Reglamento electrotécnico para baja Tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 60/2011, de 21 de Enero, sobre las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas
- Ordenanza nº 33. Reguladora de los vertidos de aguas residuales a las redes municipales de alcantarillado del Ayuntamiento de Almazán, (Soria)
- Código ASME

## **INFORMACIÓN ADICIONAL**

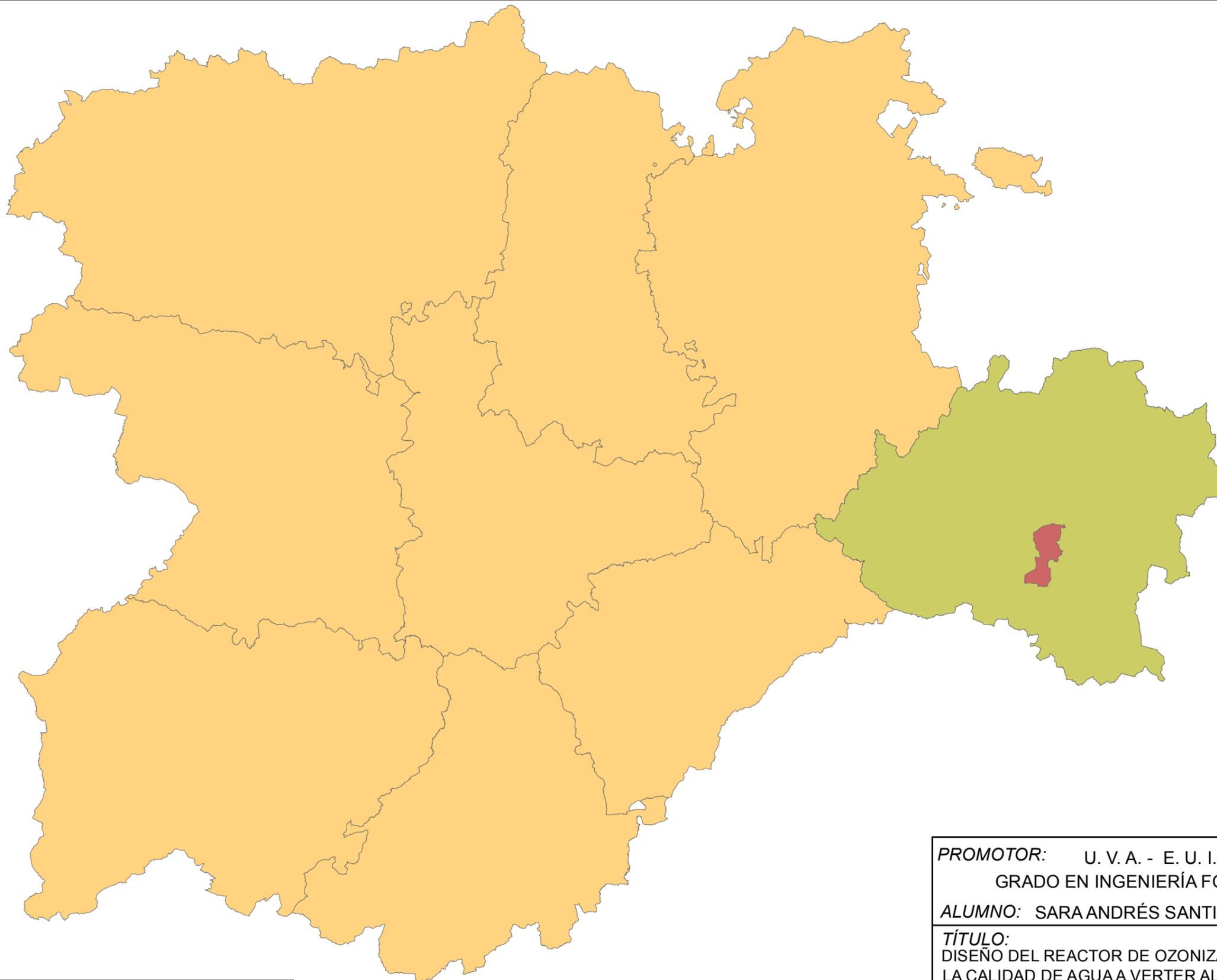
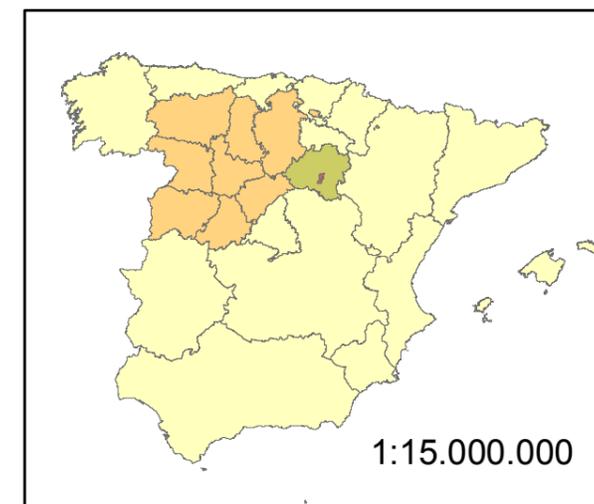
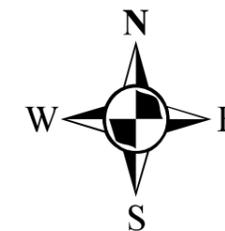
- Visita a la Industria Papelera Reno de Medici en la Localidad de Almazán (Soria) el día 7 de Abril del 2015.

# PLANOS

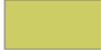
# PLANOS

## ÍNDICE DE CONTENIDO

- PLANO 1: LOCALIZACIÓN**
- PLANO 2: SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- PLANO 3: PARCELACIÓN**
- PLANO 4: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**
- PLANO 5: PROCESO PRODUCTIVO**
- PLANO 6: CIMENTACIÓN**
- PLANO 7: CUBIERTA**
- PLANO 8: CERRAMIENTOS**
- PLANO 9: INSTALACIÓN ELÉCTRICA**
- PLANO 10: INSTALACIÓN SANEAMIENTO**
- PLANO 11: INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS**
- PLANO 12: DIAGRAMA UNIFILIAR**



**Leyenda**

-  Límite Almazán
-  Límite Soria
-  Límite Provincias Castilla y Leon

**PROMOTOR:** U. V. A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL INDUSTRIAS FORESTALES



**ALUMNO:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:**  
DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPERERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

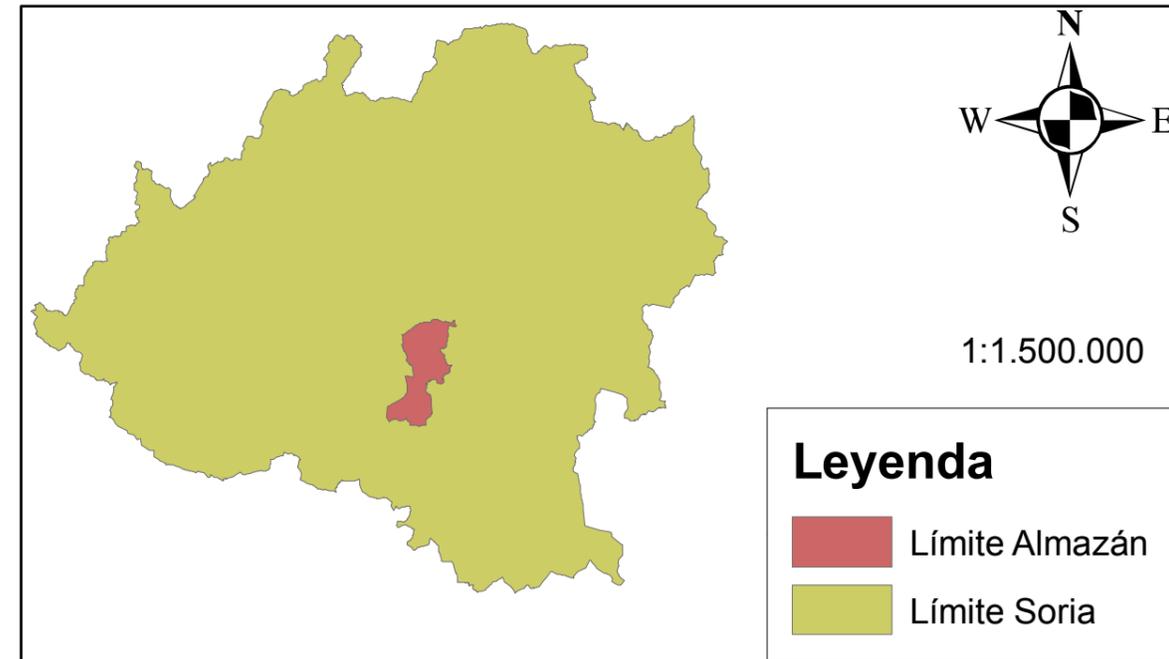
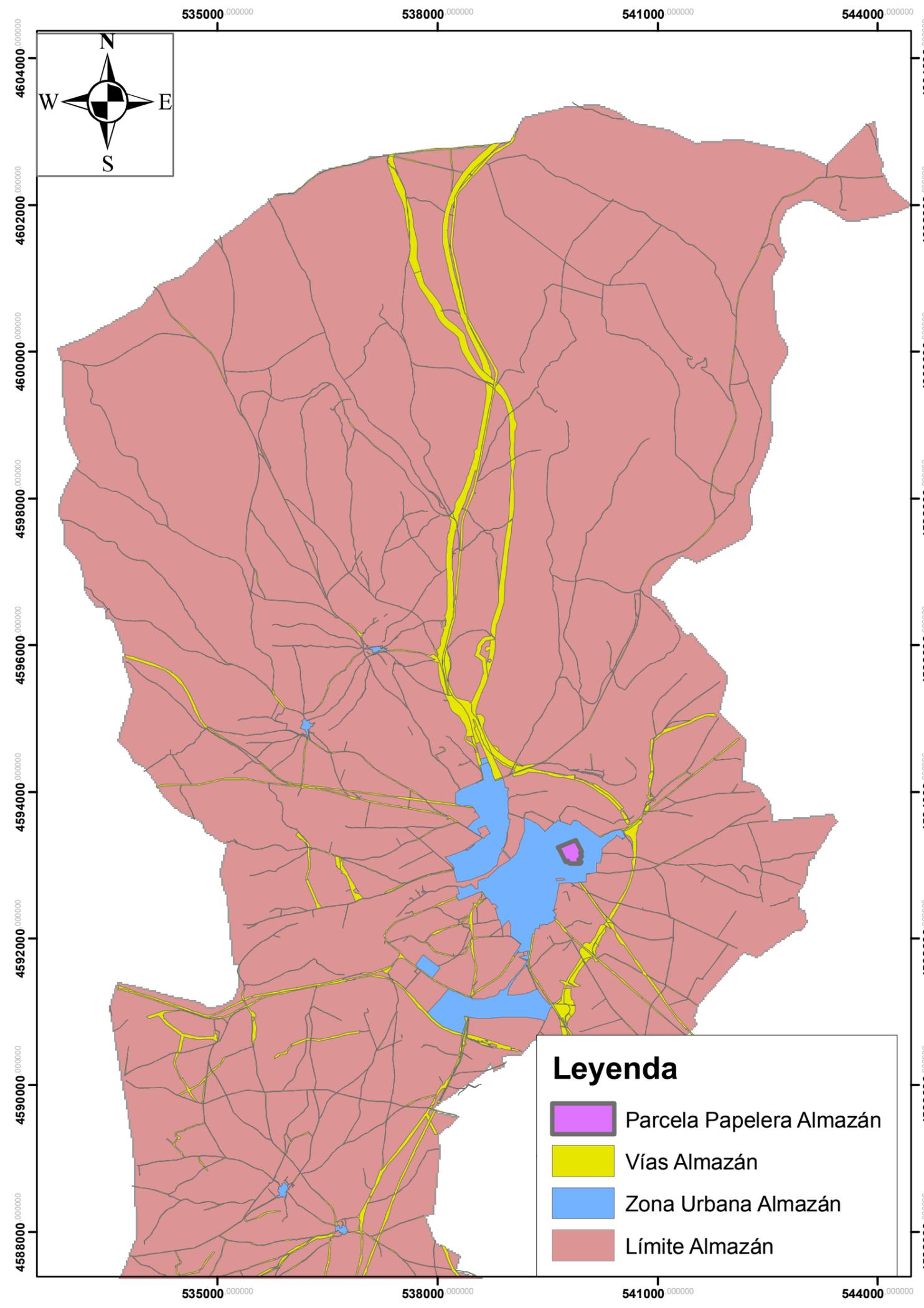
**LOCALIZACIÓN:**  
ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
1:1.500.000

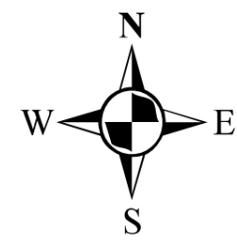
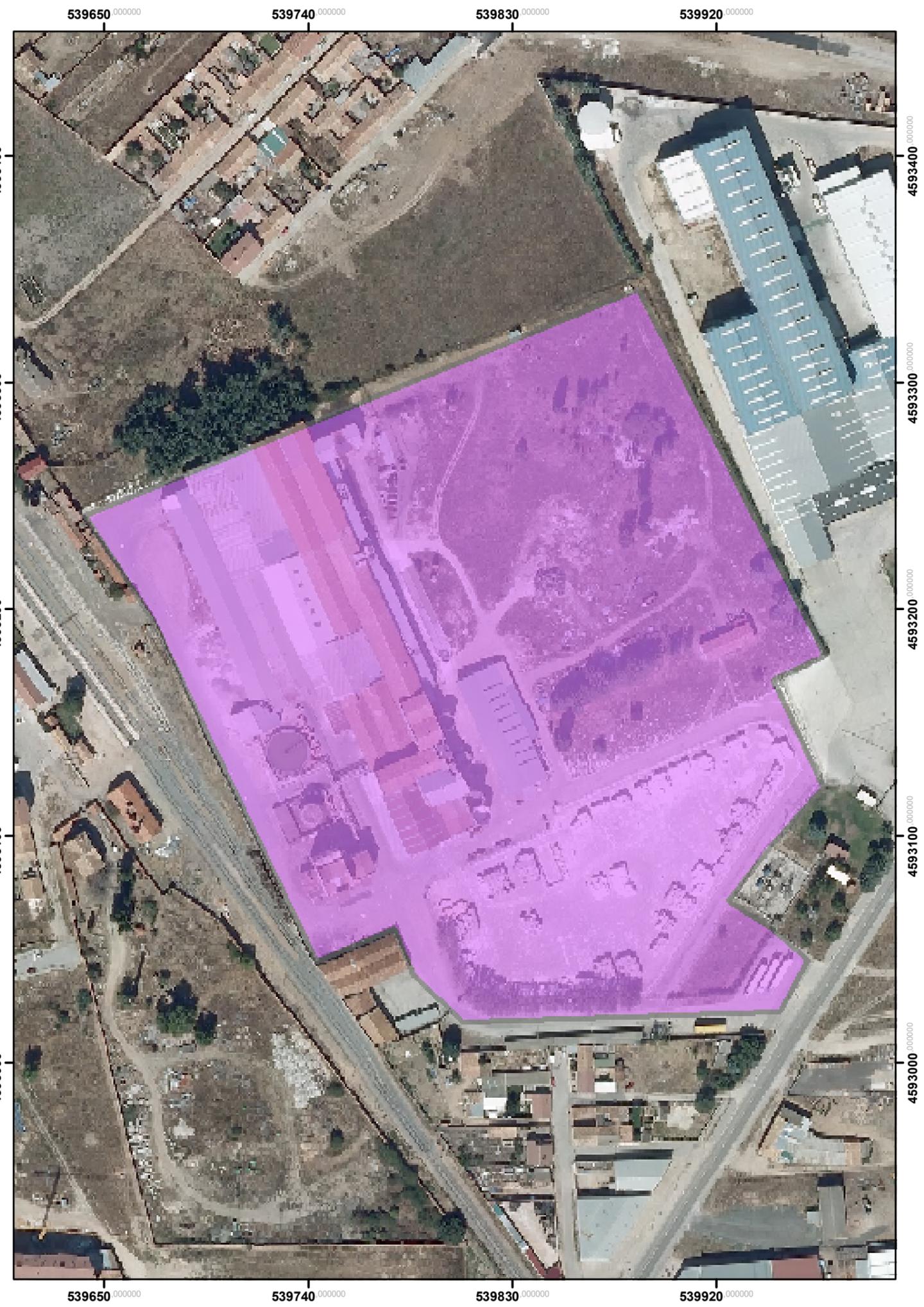
**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
LOCALIZACIÓN

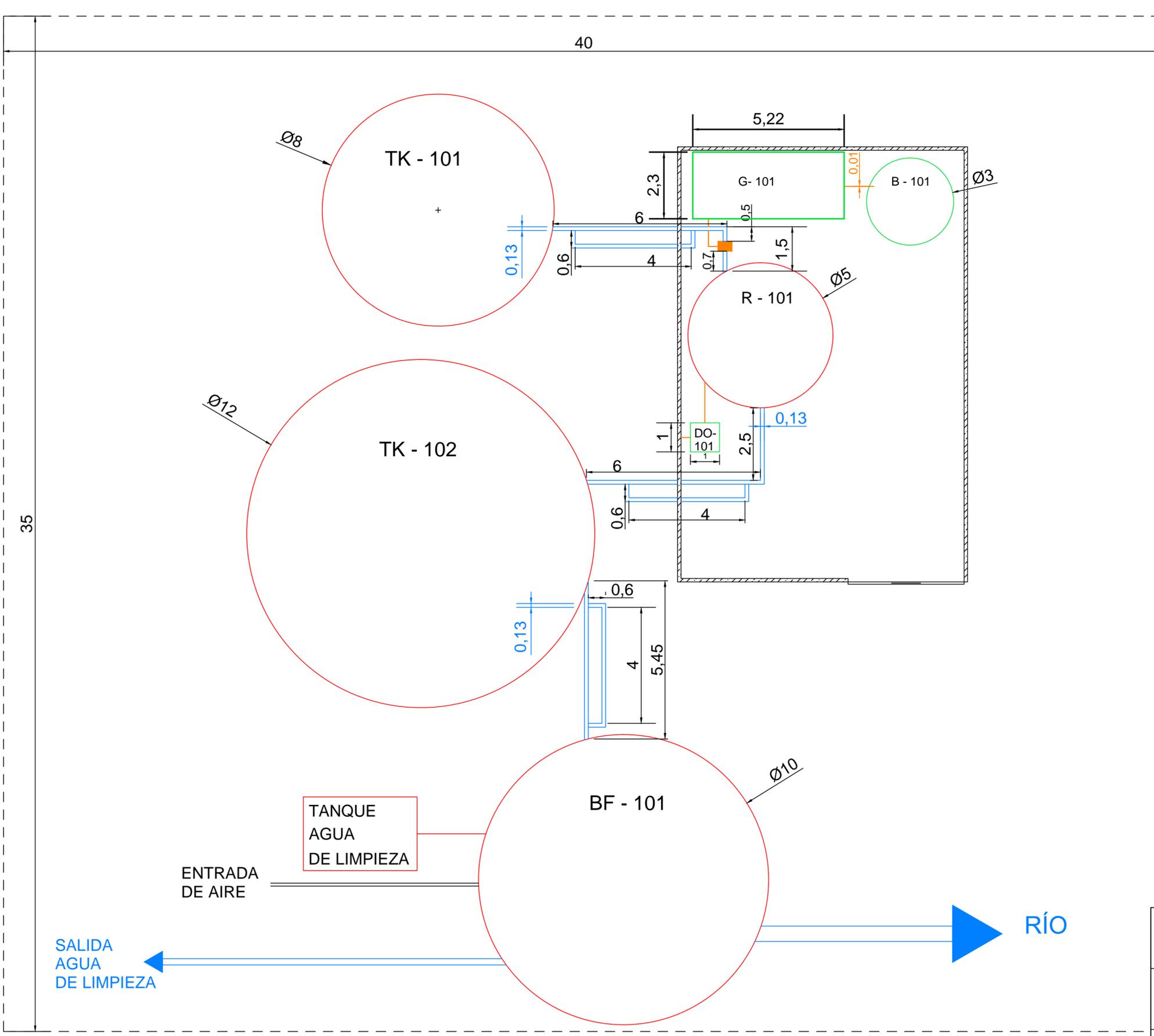
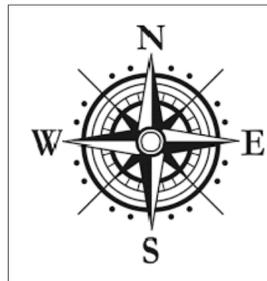
**PLANO N°:**  
1



|                                                                                                                                                                                                 |                                                   |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PROMOTOR:</b> U. V. A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)<br>GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL INDUSTRIAS FORESTALES                                                                                  |                                                   |  |
| <b>ALUMNO:</b> SARA ANDRÉS SANTIAGO                                                                                                                                                             |                                                   |                                                                                       |
| <b>TÍTULO:</b><br>DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPERERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA) |                                                   |                                                                                       |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>ALMAZÁN (SORIA)                                                                                                                                                         | <b>ESCALA:</b><br>1:60.000                        |                                                                                       |
| <b>FECHA:</b> JUNIO 2015<br><b>FIRMA:</b>                                                                                                                                                       | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO | <b>PLANO Nº:</b><br><b>2</b>                                                          |



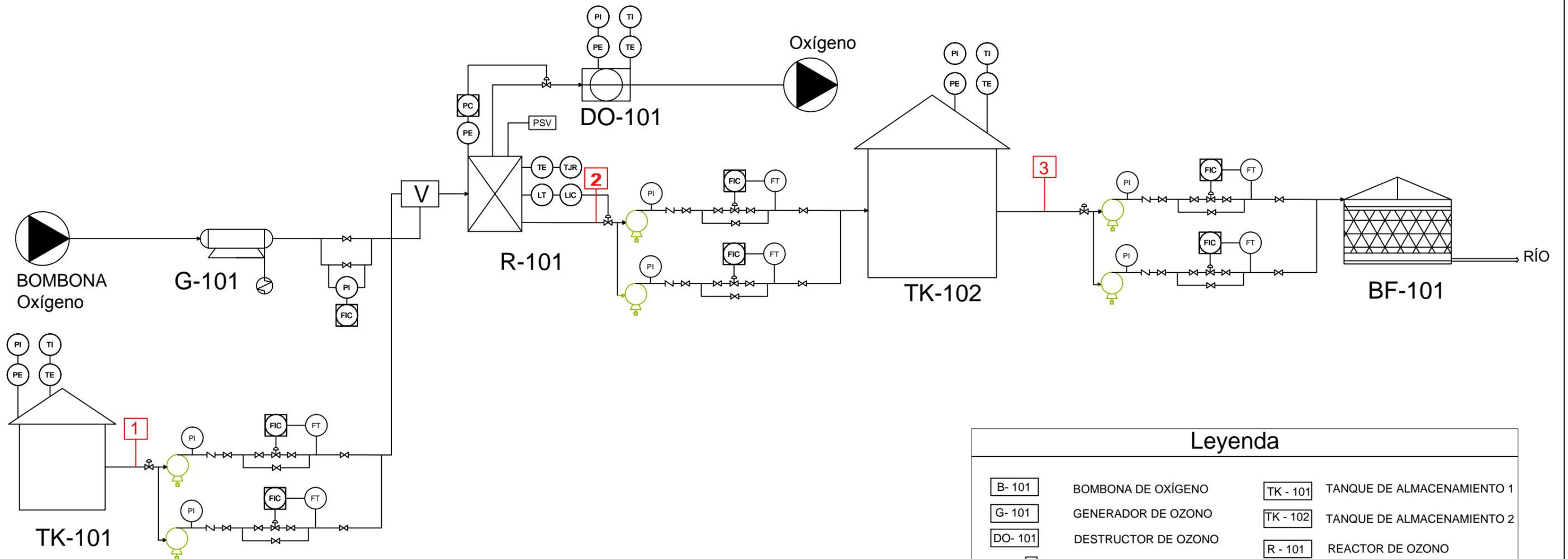
|                                                                                                                                                                                                 |                                     |                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>PROMOTOR:</b> U. V. A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)<br>GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL INDUSTRIAS FORESTALES                                                                                  |                                     |                              |
| <b>ALUMNO:</b> SARA ANDRÉS SANTIAGO                                                                                                                                                             |                                     |                              |
| <b>TÍTULO:</b><br>DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPERERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA) |                                     |                              |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>ALMAZÁN (SORIA)                                                                                                                                                         | <b>ESCALA:</b><br>1:2.000           |                              |
| <b>FECHA:</b> JUNIO 2015<br><b>FIRMA:</b>                                                                                                                                                       | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>PARCELACIÓN | <b>PLANO Nº:</b><br><b>3</b> |



### Leyenda

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| B- 101               | BOMBONA DE OXÍGENO          |
| G- 101               | GENERADOR DE OZONO          |
| DO- 101              | DESTRUCTOR DE OZONO         |
| TK - 101             | TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1  |
| TK - 102             | TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2  |
| R - 101              | REACTOR DE OZONO            |
| BF - 101             | BIOFILTRO                   |
| — (orange line)      | TUBERÍA DE OZONO (10,36 mm) |
| ■ (orange square)    | INYECTOR VENTURI            |
| — (blue double line) | TUBERÍA DE AGUA (130,5 mm)  |
| - - - - -            | RECINTO TOTAL 1.400 m2      |

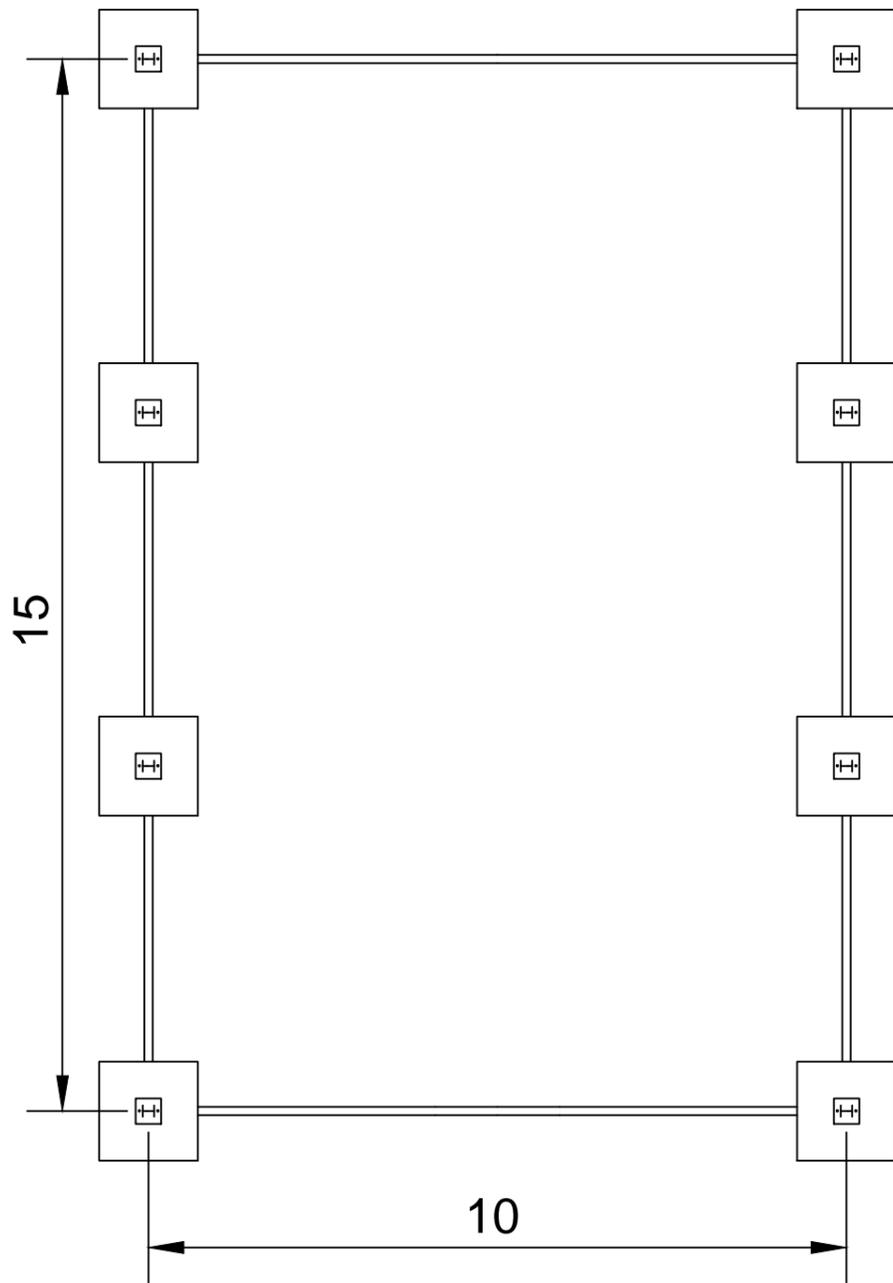
|                                                                                                                                                                                              |                                                |                                                                               |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>PROMOTOR:</b> U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)                                                                                                                                       |                                                |                                                                               |  |
| <b>GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES</b>                                                                                                                                   |                                                |                                                                               |  |
| <b>ALUMNO:</b> SARA ANDRÉS SANTIAGO                                                                                                                                                          |                                                |                                                                               |  |
| <b>TÍTULO:</b> DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA) |                                                |                                                                               |  |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>ALMAZÁN (SORIA)                                                                                                                                                      |                                                | <b>ESCALA:</b><br>1: 100                                                      |  |
| <b>FECHA:</b> JUNIO 2015                                                                                                                                                                     | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>DISTRIBUCIÓN EN PLANTA | <b>PLANO N°:</b><br><span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">4</span> |  |
| <b>FIRMA:</b>                                                                                                                                                                                |                                                |                                                                               |  |



| Leyenda |                     |          |                            |
|---------|---------------------|----------|----------------------------|
| B- 101  | BOMBONA DE OXÍGENO  | TK - 101 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO 1 |
| G- 101  | GENERADOR DE OZONO  | TK - 102 | TANQUE DE ALMACENAMIENTO 2 |
| DO- 101 | DESTRUCTOR DE OZONO | R - 101  | REACTOR DE OZONO           |
| V       | INYECTOR VENTURI    | BF - 101 | BIOFILTRO                  |
| 1       | LÍNEA DECIRCULACIÓN |          |                            |

| Leyenda |     |    |                                               |
|---------|-----|----|-----------------------------------------------|
| PI      | PC  | PE | CONTROLES DE PRESIÓN                          |
| TI      | TE  |    | CONTROLES DE TEMPERATURA                      |
| FT      | FIC |    | MECANISMOS DE CONTROL DE CAUDAL               |
| LT      | LIC |    | CONTROLES DE NIVEL EN EL REACTOR              |
| TJR     |     |    | CONTROL DE TEMPERATURA EN EL REACTOR          |
| PSV     |     |    | SISTEMA DE SEGURIDAD DE PRESION EN EL REACTOR |
|         |     |    | VÁLVULA SIN RETORNO                           |
|         |     |    | VÁLVULA RETORNO                               |
|         |     |    | VÁLVULA DE COMPUERTA                          |
|         |     |    | MOTOR (BOMBA CENTRÍFUGA)                      |

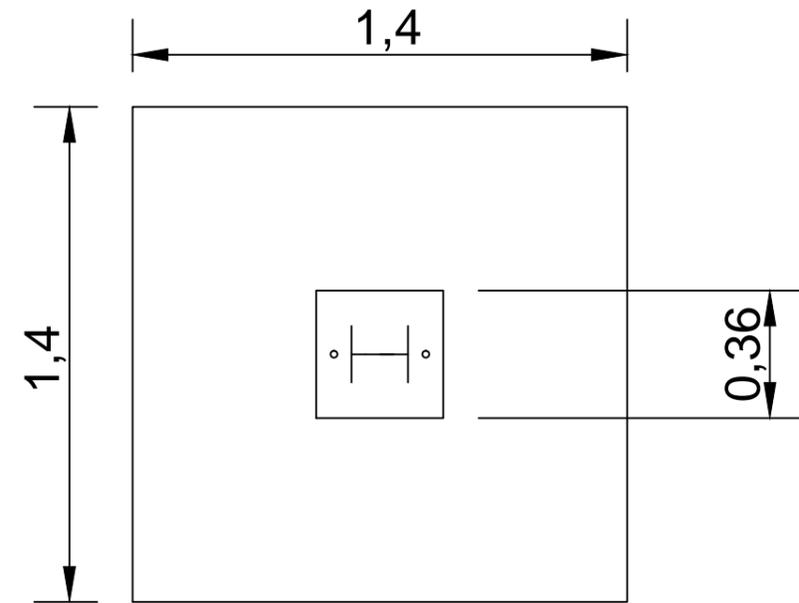
|                                                                                                                                                                                              |                                            |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|
| <b>PROMOTOR:</b> U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)                                                                                                                                       |                                            |                              |
| <b>GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES</b>                                                                                                                                   |                                            |                              |
| <b>ALUMNA:</b> SARA ANDRÉS SANTIAGO                                                                                                                                                          |                                            |                              |
| <b>TÍTULO:</b> DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA) |                                            |                              |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>ALMAZÁN (SORIA)                                                                                                                                                      |                                            | <b>ESCALA:</b><br>S / E      |
| <b>FECHA:</b> JUNIO 2015                                                                                                                                                                     | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>PROCESO PRODUCTIVO | <b>PLANO N°:</b><br><b>5</b> |
| <b>FIRMA:</b>                                                                                                                                                                                |                                            |                              |



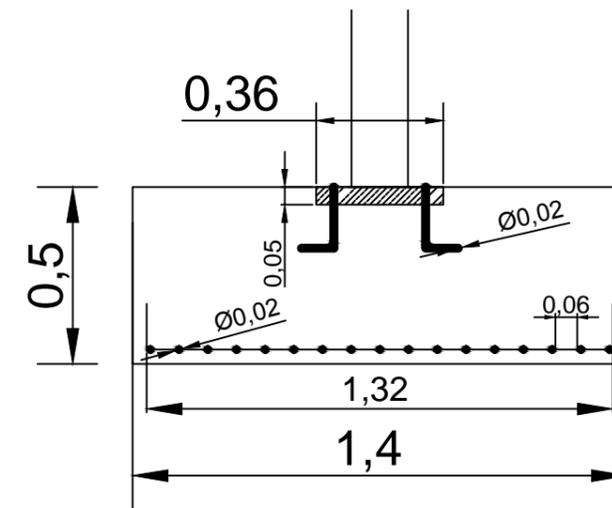
Hormigón zapata HA- 25 N/mm<sup>2</sup>  
 Acero B- 500 S  
 Armadura 17  $\varnothing$  20  
 Pernos de anclaje S-750 JR (2 / 20 mm)

## DETALLE ZAPATA

ALZADO



PERFIL



ESCALA  
1: 50

**PROMOTOR:** U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
 GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES



**ALUMNA:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:** DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**LOCALIZACIÓN:**  
ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
1: 100

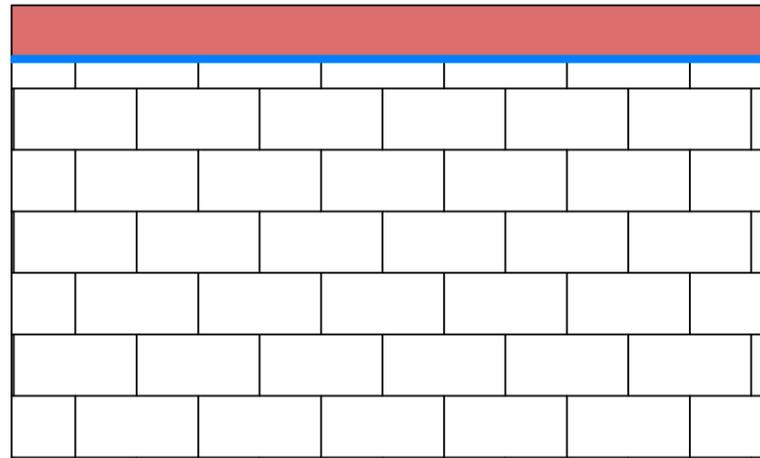
**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
CIMENTACIÓN

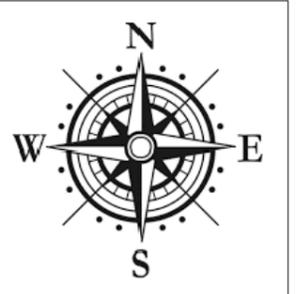
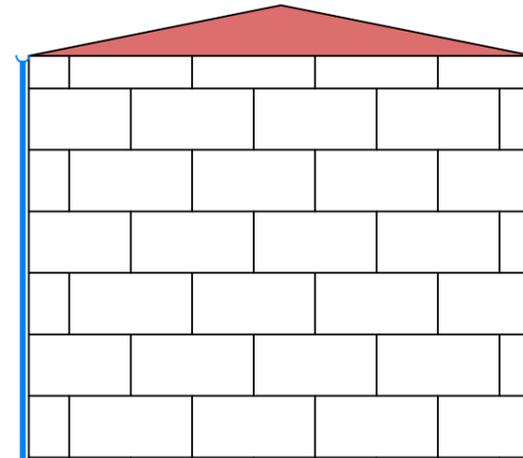
**PLANO N°:**  
6



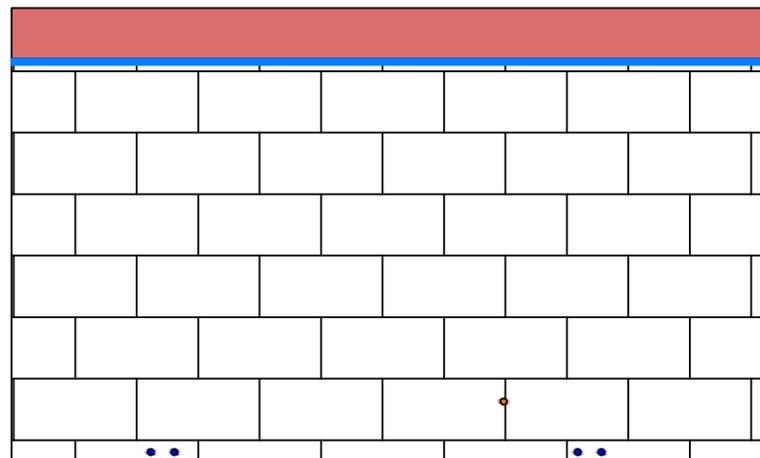
# LATERAL DERECHO



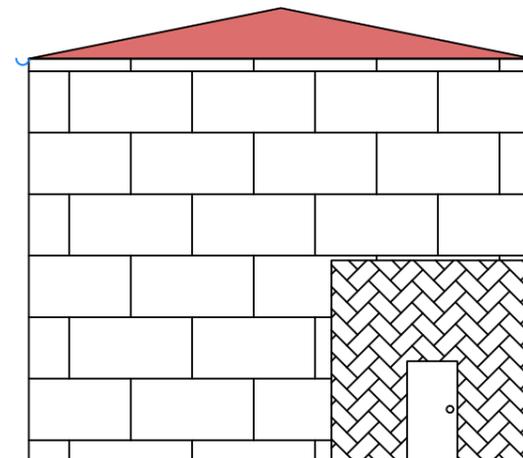
# POSTERIOR



# LATERAL IZQUIERDO



# FRONTAL

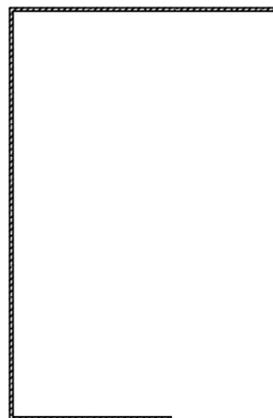


- Perforación salida DO-101
- Perforación tubería de agua

LATERAL IZQUIERDO

POSTERIOR

LATERAL DERECHO



FRONTAL

**PROMOTOR:** U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES



**ALUMNA:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:** DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

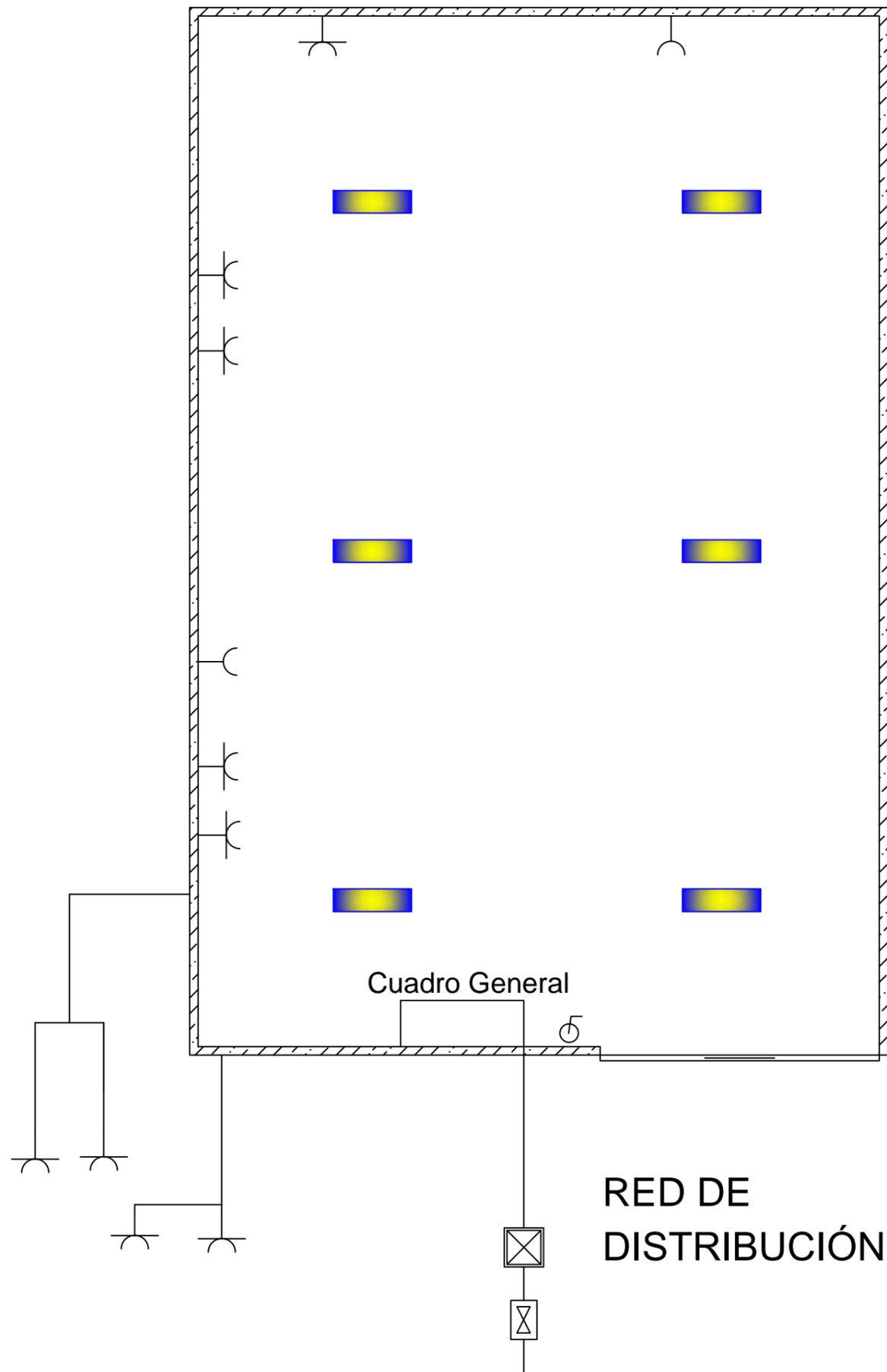
**LOCALIZACIÓN:**  
ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
1: 100

**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
CERRAMIENTOS

**PLANO Nº:**  
8



| Leyenda                                                                              |                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|   | Campana LED                  |
|   | Interruptor                  |
|   | Toma de corriente TRIFÁSICA  |
|  | Toma de corriente MONOFÁSICA |

**PROMOTOR:** U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
**GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES**



**ALUMNA:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:** DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

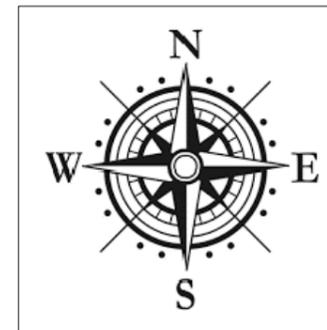
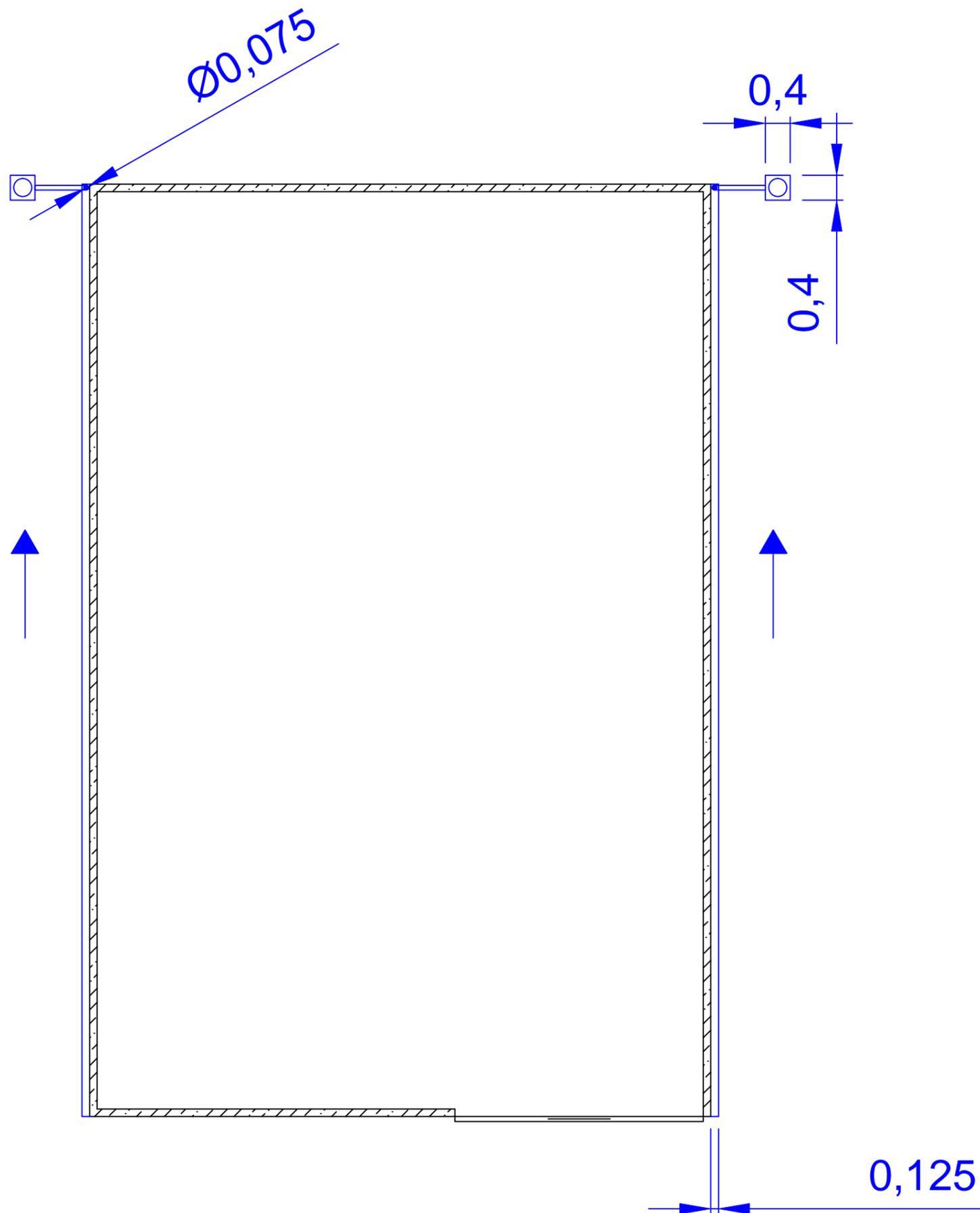
**LOCALIZACIÓN:**  
 ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
 1: 100

**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

**PLANO N°:**  
 9



### Leyenda

-  ARQUETA DE SANEAMIENTO
-  BAJANTE (DIÁMETRO 75 mm)
-  CANALÓN (DIÁMETRO 125 mm)

**PROMOTOR:** U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
**GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL:** INDUSTRIAS FORESTALES



**ALUMNA:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:** DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

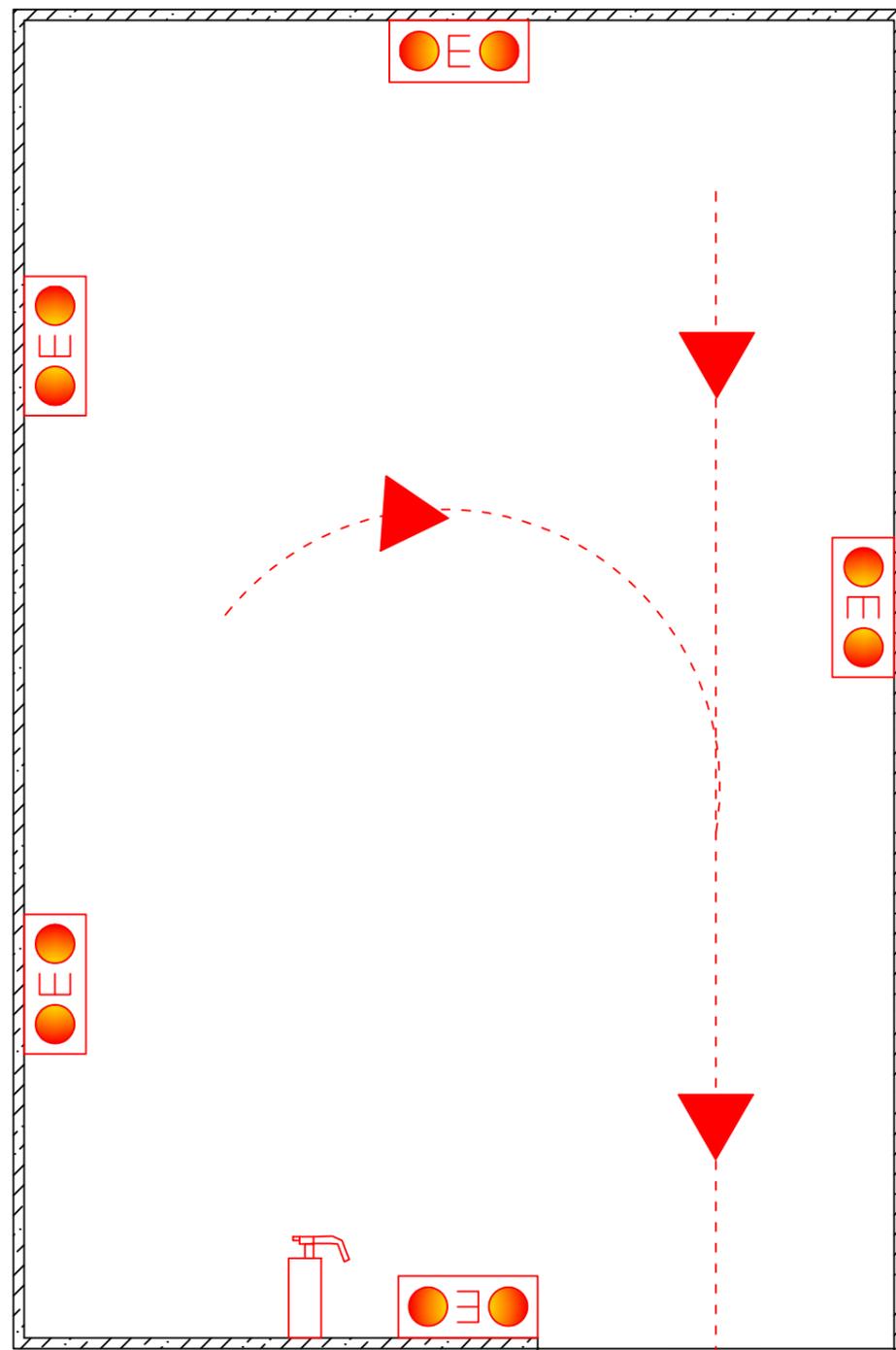
**LOCALIZACIÓN:**  
 ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
 1 : 100

**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
 SANEAMIENTO

**PLANO Nº:**  
 10



## Leyenda



Lámpara de Emergencia



Extintor



Salida de Emergencia

**PROMOTOR:** U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)  
GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES



**ALUMNA:** SARA ANDRÉS SANTIAGO

**TÍTULO:** DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

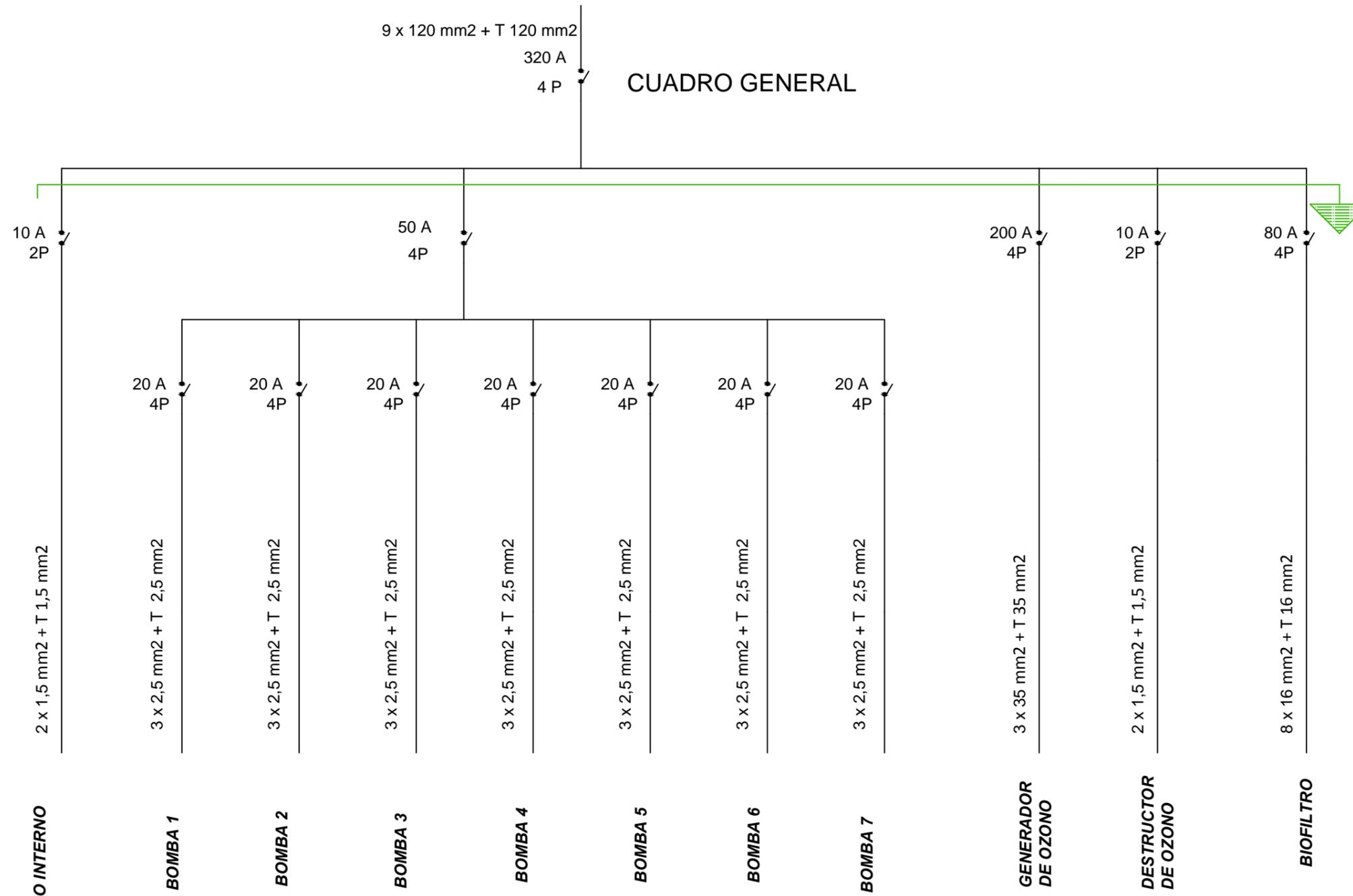
**LOCALIZACIÓN:**  
ALMAZÁN (SORIA)

**ESCALA:**  
1: 100

**FECHA:** JUNIO 2015  
**FIRMA:**

**DENOMINACIÓN:**  
INSTALACIÓN DE PROTECCIÓN  
CONTRA INCENDIOS

**PLANO N°:**  
**11**



|                                                                                                                                                                                              |                                           |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>PROMOTOR:</b> U.V.A. - E. U. I. I. AGRARIAS (SORIA)                                                                                                                                       |                                           |                               |
| GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL: INDUSTRIAS FORESTALES                                                                                                                                          |                                           |                               |
| <b>ALUMNA:</b> SARA ANDRÉS SANTIAGO                                                                                                                                                          |                                           |                               |
| <b>TÍTULO:</b> DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTIR AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA) |                                           |                               |
| <b>LOCALIZACIÓN:</b><br>ALMAZÁN (SORIA)                                                                                                                                                      | <b>ESCALA:</b><br>S / E                   |                               |
| <b>FECHA:</b> JUNIO 2015<br><b>FIRMA:</b>                                                                                                                                                    | <b>DENOMINACIÓN:</b><br>DIAGRAMA UNIFILAR | <b>PLANO N°:</b><br><b>12</b> |

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

**ÍNDICE      PLIEGO DE CONDICIONES**

*Página*

|                                                        |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES</b> | <b>1</b> |
| <b>2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS</b>                     | <b>1</b> |
| <b>3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA FASE EJECUTIVA</b>   | <b>2</b> |
| A) 1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES                  | 2        |
| 1.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE GENERAL           | 2        |
| 1.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA           | 3        |
| 1.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO       | 18       |
| 1.4. PLIEGO DE CONCIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA           | 26       |
| 1.5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL             | 47       |
| B) 2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES               | 53       |
| 1.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA           | 53       |
| 1.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA       | 68       |
| 1.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA         | 70       |
| 1.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL             | 71       |



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES

## **1. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, así como las condiciones generales y contractuales que han de regir en la ejecución de las obras de las instalaciones para obtener una calidad de agua necesaria para su vertido posterior al Río Duero, en la localidad de Almazán (Soria), cumpliendo siempre con los límites establecidos por la Ordenanza Municipal Nº 33, Reguladora de los vertidos de aguas residuales a las redes municipales de Alcantarillado.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS**

El Pliego de Condiciones técnicas define las obras en cuanto a su naturaleza y características físicas.

En cuanto a la descripción de las obras a llevar a cabo se recogen de forma detallada en el apartado de Memoria del presente proyecto.



---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

**3. PLIEGO DE CONDICIONES DE LA FASE EJECUTIVA**

**A) 1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

**1.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE GENERAL**

1.1.1. Naturaleza y objeto del pliego general

**Artículo 1.** El presente pliego general de condiciones tiene carácter supletorio del pliego de condiciones particulares del proyecto.

Ambos, como parte del proyecto, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras derivadas de la instalación del reactor de ozono y la nave en la cual se va a implantar, fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al arquitecto y al aparejador o arquitecto técnico y a los laboratorios y entidades de control de calidad, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.1.2. Documentación del contrato de obra

**Artículo 2.** Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

**PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

- 1) Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.
- 2) El pliego de condiciones particulares.
- 3) El presente pliego general de condiciones.
- 4) El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el estudio de seguridad y salud y el proyecto de control de calidad de la edificación.

Deberá incluir las condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de control de calidad, si la obra lo requiriese.

Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de la obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

**1.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

1.2.1. Obra civil

1.2.1.1. Daños materiales



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

**Artículo 3.** Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.

Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

1.2.1.2. Responsabilidad civil

**Artículo 4.** La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.



# DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la LOE se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriba el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

1.2.2. Prescripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

1.2.2.1. Caminos y accesos

**Artículo 5.** El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

1.2.2.2. Replanteo

**Artículo 6.** El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerará a cargo del contratista e incluidos en su oferta.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

El constructor someterá el replanteo a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el ingeniero, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.

1.2.2.3. Inicio de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

**Artículo 7.** El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquellos señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al ingeniero y al aparejador o arquitecto técnico del comienzo de los trabajos al menos con 3 días de antelación.

1.2.2.4. Orden de los trabajos

**Artículo 8.** En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

1.2.2.5. Facilidades para otros contratistas

**Artículo 9.** De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

1.2.2.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

**Artículo 10.** Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el ingeniero en tanto se fórmula o se tramita el proyecto reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.2.2.7. Prórroga por causa de fuerza mayor

**Artículo 11.** Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del ingeniero. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.2.2.8. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

**Artículo 12.** El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

1.2.2.9. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

**Artículo 13.** Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el ingeniero o el aparejador o arquitecto técnico al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el artículo 15.

1.2.2.10. Documentación de obras ocultas

**Artículo 14.** De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al ingeniero; otro, al aparejador; y, el tercero, al contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

1.2.2.11. Trabajos defectuosos

**Artículo 15.** El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de



# DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al aparejador o arquitecto técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el aparejador o arquitecto técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el ingeniero de la obra, quien resolverá.

### 1.2.2.12. Vicios ocultos

**Artículo 16.** Si el aparejador o arquitecto técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al ingeniero.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la propiedad.



---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.2.3. Materiales y aparatos. Su procedencia

**Artículo 17.** El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar al aparejador o arquitecto técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.2.3.1. Presentación de muestras

**Artículo 18.** A petición del ingeniero, el constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

1.2.3.2. Materiales no utilizables

**Artículo 19.** El constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el aparejador o arquitecto técnico, pero acordando previamente con el constructor su justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.2.3.3. Materiales y aparatos defectuosos

**Artículo 20.** Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el ingeniero a instancias del aparejador o arquitecto técnico, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del ingeniero, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.2.3.4. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

**Artículo 21.** Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

1.2.3.5. Limpieza de las obras

**Artículo 22.** Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

1.2.3.6. Obras sin prescripciones

**Artículo 23.** En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

1.2.4. Recepción de edificios y obras anejas

1.2.4.1. Acta de recepción

**Artículo 24.** La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- a) Las partes que intervienen.
- b) La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- c) El coste final de la ejecución material de la obra.
- d) La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.

- e) Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- f) Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (ingeniero) y el director de la ejecución de la obra (aparejador) y la documentación justificativa del control de calidad realizado.
- g) El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

1.2.4.2. Recepción provisional

**Artículo 25.** Ésta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del ingeniero y del aparejador o arquitecto técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

1.2.4.3. Documentación final

**Artículo 26.** El ingeniero, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad.

Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio.

A su vez dicha documentación se divide en la Documentación de seguimiento de obra. Que dicha documentación según el CTE se compone de:

- a) Libro de órdenes y asistencias, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971, de 11 de marzo.
- b) Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- c) Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- d) Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

1.2.4.4. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra

**Artículo 27.** Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el aparejador o arquitecto técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el ingeniero con su firma, servirá para el abono por la propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el artículo 6 de la LOE).

1.2.4.5. Plazo de garantía

**Artículo 28.** El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a 9 meses (1 año en contratos con las administraciones públicas).

1.2.4.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

**Artículo 29.** Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.2.4.7. Recepción definitiva

**Artículo 30.** La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

1.2.4.8. Prórroga del plazo de garantía

**Artículo 31.** Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el ingeniero director marcará al constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

1.2.4.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

**Artículo 32.** En el caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del ingeniero director, se efectuará una sola y definitiva recepción.



---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

**1.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO**

1.3.1. Delimitación de funciones de los agentes intervinientes

**Artículo 33.** Ámbito de aplicación de la Ley de Ordenación de la Edificación. La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiéndose por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal está comprendido en el siguiente grupo de edificaciones destinadas a uso aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.

La titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

1.3.2. El promotor

**Artículo 34.** Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.



# DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

### 1.3.3. El proyectista

**Artículo 35.** Son obligaciones del proyectista:

Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero industrial y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.

Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales

### 1.3.4. El constructor

**Artículo 36.** Son obligaciones del constructor:

- a) Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- b) Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- c) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- d) Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- e) Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- f) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- g) Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- h) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- i) Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- j) Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de control de calidad, contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- k) Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

1.3.5. El director de obra

**Artículo 37.** Corresponde al director de obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- e) Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- f) Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- g) Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- h) Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- i) Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- j) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- k) Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- l) Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
- m) A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.



---

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

### 1.3.6. El director de la ejecución de la obra

**Artículo 38.** Corresponde al aparejador o arquitecto técnico la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- c) Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- d) Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- e) Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- f) Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del ingeniero y del constructor.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- g) Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- h) Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al ingeniero.
- i) Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- j) Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- k) Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- l) Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- m) Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- n) Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

1.3.7. El coordinador de seguridad y salud

**Artículo 39.** El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- d) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

1.3.8. Las entidades y laboratorios de control de calidad de la edificación

**Artículo 40.** Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:

- a) Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
  
- b) Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las comunidades autónomas con competencia en la materia.

## 1.4. PLIEGO DE CONCIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA

### 1.4.1. Principio general

**Artículo 41.** Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

### 1.4.2. Fianzas

**Artículo 42.** El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- a) Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- b) Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.
- c) El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el pliego de condiciones particulares.

1.4.3. Fianza en subasta pública

**Artículo 43** En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, o el que se determine en el pliego de condiciones particulares del proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el pliego de condiciones particulares, no excederá de 30 días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.4. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

**Artículo 44.** Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el ingeniero director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

1.4.5. Devolución de fianzas

**Artículo 45.** La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

1.4.6. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

**Artículo 46.** Si la propiedad, con la conformidad del ingeniero director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.4.7. Precios

1.4.7.1. Composición de los precios unitarios



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

**Artículo 47.** El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Costes directos

La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.

Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Costes indirectos

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Gastos generales

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17%).

Beneficio industrial

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.

Precio de ejecución material

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

Precio de contrata

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata) pero no integra el precio.

1.4.7.2. Precios de contrata. Importe de contrata

**Artículo 48.** En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material,



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

más el % sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del contratista. El beneficio se estima normalmente en el 6%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

1.4.7.3. Precios contradictorios

**Artículo 49.** Se producirán precios contradictorios sólo cuando la propiedad por medio del ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el ingeniero y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

1.4.7.4. Reclamación de aumento de precios

**Artículo 50.** Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.7.5. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

**Artículo 51.** En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

1.4.7.6. Revisión de los precios contratados

**Artículo 52.** Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3%.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

1.4.8. Acopio de materiales

**Artículo 53.** El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el contratista.



---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.9. Obras por administración

1.4.9.1. Administración

**Artículo 54.** Se denominan obras por administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

- a) Obras por administración directa.
- b) Obras por administración delegada o indirecta.

**Artículo 55.** Se denominan obras por administración directa aquellas en las que el propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio ingeniero director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien reúne en sí, por tanto, la doble personalidad de propietario y contratista.

Obras por administración delegada o indirecta.

**Artículo 56.** Se entiende por obra por administración delegada o indirecta la que convienen un propietario y un constructor para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto, características peculiares de las obras por administración delegada o indirecta las siguientes:



## DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

### PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Por parte del propietario, la obligación de abonar directamente, o por mediación del constructor, todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del ingeniero director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.

Por parte del constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del propietario un % prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el constructor.

#### 1.4.9.2. Liquidación de obras por administración

**Artículo 57.** Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las condiciones particulares de índole económica vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las presentará el constructor al propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el aparejador o arquitecto técnico:

Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.

Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando. a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio,



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.

Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.

Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el constructor, ya que su abono es siempre de cuenta del propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15%, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los gastos generales que al constructor originen los trabajos por administración que realiza y el beneficio industrial del mismo.

1.4.9.3. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada

**Artículo 58.** Salvo pacto distinto, los abonos al constructor de las cuentas de administración delegada los realizará el propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el aparejador o arquitecto técnico redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al constructor, salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

1.4.9.4. Normas para la adquisición de los materiales y aparatos

**Artículo 59.** No obstante las facultades que en estos trabajos por administración delegada se reserva el propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al propietario, o en su representación al ingeniero director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

1.4.9.5. Del constructor en el bajo rendimiento de los obreros

**Artículo 60.** Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el constructor al ingeniero director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el ingeniero director.

Si hecha esta notificación al constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia, rebajando su importe del 15% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

1.4.9.6. Responsabilidades del constructor

**Artículo 61.** En los trabajos de obras por administración delegada, el constructor sólo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el artículo 70 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior.

1.4.10. Valoración y abono de los trabajos

1.4.10.1. Formas de abono de las obras

**Artículo 62.** Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, y salvo que en el pliego particular de condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.

Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.



# DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director. Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.

Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

### 1.4.10.2. Relaciones valoradas y certificaciones

**Artículo 63.** En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador.

Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el ingeniero director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del ingeniero director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el ingeniero director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del % de contrata.

Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el ingeniero director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

1.4.10.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas

**Artículo 64.** Cuando el contratista, incluso con autorización del ingeniero director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del ingeniero director, no tendrá derecho, sin embargo,



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.4.10.4. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

**Artículo 65.** Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.

Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el ingeniero director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.10.5. Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

**Artículo 66.** Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

1.4.10.6. Pagos

**Artículo 67.** Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

1.4.10.7. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

**Artículo 68.** Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el ingeniero director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.

Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

1.4.11. Indemnización mutuas

1.4.11.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

**Artículo 69.** La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra, salvo lo dispuesto en el pliego particular del presente proyecto.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

1.4.11.2. Demora de los pagos por parte del propietario

**Artículo 70.** Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido el contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 5% anual (o el que se defina en el pliego particular), en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran 2 meses a partir del término de dicho plazo de 1 mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

1.4.12. Varios

1.4.12.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

**Artículo 71.** No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el ingeniero director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el ingeniero director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el ingeniero director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.12.2. Unidades de obra defectuosas, pero aceptables

**Artículo 72.** Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del ingeniero director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

1.4.12.3. Seguro de las obras

**Artículo 73.** El contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del contratista, hecho en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el ingeniero director.



# DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el artículo 81, en base al artículo 19 de la LOE.

### 1.4.12.4. Conservación de la obra

**Artículo 74.** Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario antes de la recepción definitiva, el ingeniero director, en representación del propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el ingeniero director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

1.4.12.5. Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario

**Artículo 75.** Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el contratista, con la necesaria y previa autorización del propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

1.4.12.6. Pago de arbitrios

**Artículo 76.** El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.4.12.7. Garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción

**Artículo 77.** El régimen de garantías exigibles para las obras de edificación se hará efectivo de acuerdo con la obligatoriedad que se establece en la LOE (el apartado c) exigible para edificios cuyo destino principal sea el de vivienda, según disposición adicional segunda de la LOE, teniendo como referente a las siguientes garantías:

Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 1 año, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras, que podrá ser sustituido por la retención por el promotor de un 5% del importe de la ejecución material de la obra.

Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 3 años, el resarcimiento de los daños causados por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad especificados en el artículo 3 de la LOE.

Seguro de daños materiales o seguro de caución, para garantizar, durante 10 años, el resarcimiento de los daños materiales causados por vicios o defectos que tengan su origen o afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y estabilidad del edificio.

## 1.5. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

### 1.5.1. Verificación de los documentos del proyecto

**Artículo 78.** Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

1.5.2. Plan de seguridad y salud

**Artículo 79.** El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.

1.5.3. Proyecto de control de calidad

**Artículo 80.** El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas e calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el ingeniero o aparejador de la dirección facultativa.

1.5.4. Oficina en la obra

**Artículo 81.** El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- a) El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el ingeniero.
- b) La licencia de obras.
- c) El libro de órdenes y asistencias.
- d) El plan de seguridad y salud y su libro de incidencias, si hay para la obra.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

- e) El proyecto de control de calidad y su libro de registro, si hay para la obra.
- f) El reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.
- g) La documentación de los seguros suscritos por el constructor.

1.5.5. Representación del contratista. Jefe de obra

**Artículo 82.** El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del constructor según se especifica en el artículo 5.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

1.5.6. Presencia del constructor en la obra

**Artículo 83.** El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al ingeniero o al aparejador o arquitecto técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

1.5.7. Trabajos no estipulados expresamente

**Artículo 84.** Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10%.

1.5.8. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

**Artículo 85.** El constructor podrá requerir del ingeniero o del aparejador o arquitecto técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto del aparejador o arquitecto técnico como del ingeniero.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.5.9. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

**Artículo 86.** Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del ingeniero, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del ingeniero o del aparejador o arquitecto técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al ingeniero, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

1.5.10. Recusación por el contratista del personal nombrado por el ingeniero

**Artículo 87.** El constructor no podrá recusar a los ingenieros, aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.5.11. Faltas del personal

**Artículo 88.** El ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

1.5.12. Subcontratas

**Artículo 89.** El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.



## **B) 2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

### **1.1. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA**

#### 1.1.1. Condiciones generales

##### 1.1.1.1. Calidad de los materiales

**Artículo 1.** Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

##### 1.1.1.2. Pruebas y ensayos de materiales

**Artículo 2.** Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad.

Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

##### 1.1.1.3. Materiales no consignados en proyecto

**Artículo 3.** Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

1.1.1.4. Condiciones generales de ejecución

**Artículo 4.** Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Ingenieros en fecha 24 de abril de 1973, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta para variar esa esmerada ejecución, ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

1.1.2. Materiales para hormigones y morteros

1.1.2.1. Áridos

**Artículo 5.** La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón, así como las restantes características que se exijan a éste en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arenas y gravas existentes en yacimientos naturales, machacados u otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en un laboratorio oficial. En cualquier caso cumplirá las condiciones de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

Cuando no se tengan antecedentes sobre la utilización de los áridos disponibles, o se vayan a emplear para otras aplicaciones distintas de las ya sancionadas por la práctica, se realizarán ensayos de identificación mediante análisis mineralógicos, petrográficos, físicos o químicos, según convengan a cada caso.

En el caso de utilizar escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos. Esta comprobación se efectuará con arreglo al método de ensayo UNE 7243.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Se entiende por “arena” o “árido fino” el árido fracción del mismo que pasa por un tamiz de 5 mm de luz de malla (tamiz 5 UNE 7050); por “grava” o “árido grueso” el que resulta detenido por dicho tamiz; y por “árido total” (o simplemente “árido”, cuando no hay lugar a confusiones), aquel que, de por sí o por mezcla, posee las proporciones de arena y grava adecuadas para fabricar el hormigón necesario en el caso particular que se considere.

En lo referente a la limitación del tamaño, se cumplirán las condiciones señaladas en la EHE.

1.1.2.2. Agua para amasado

**Artículo 6.** Habrá de cumplir las siguientes prescripciones:

- a) Acidez tal que el pH sea mayor de 5. (UNE 7234:71).
- b) Sustancias solubles, menos de 15 gr/l, según UNE 7130:58.
- c) Sulfatos expresados en  $SO_4$ , menos de 1 gr/l, según ensayo UNE 7131:58.
- d) Ion cloro para hormigón con armaduras, menos de 6 gr/l, según UNE 7178:60.
- e) Grasas o aceites de cualquier clase, menos de 15 gr/l, según UNE 7235.
- f) Carencia absoluta de azúcares o carbohidratos, según ensayo UNE 7132:58.
- g) Demás prescripciones de la EHE.



---

## PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

### 1.1.2.3. Aditivos

**Artículo 7.** Se definen como aditivos a emplear en hormigones y morteros aquellos productos sólidos o líquidos, excepto cemento, áridos o agua, que mezclados durante el amasado modifican o mejoran las características del mortero u hormigón, en especial en lo referente al fraguado, endurecimiento, plasticidad e inclusión de aire.

Se establecen los siguientes límites:

- a) Si se emplea cloruro cálcico como acelerador, su dosificación será igual o menor del 2% del peso del cemento y si se trata de hormigonar con temperaturas muy bajas, del 3,5% del peso del cemento.
- b) Si se usan aireantes para hormigones normales su proporción será tal que la disminución de la resistencia a compresión producida por la inclusión del aireante sea inferior al 20%. En ningún caso la proporción de aireante será mayor del 4% del peso del cemento.
- c) En caso de empleo de colorantes, la proporción será inferior al 10% del peso del cemento. No se emplearán colorantes orgánicos.
- d) Cualquier otro que se derive de la aplicación de la EHE.

### 1.1.2.4. Cemento

**Artículo 8.** Se entiende como tal un aglomerante hidráulico que responda a alguna de las definiciones de la Instrucción para la recepción de cementos (RC-03).

Podrá almacenarse en sacos o a granel. En el primer caso, el almacén protegerá contra la intemperie y la humedad, tanto del suelo como de las paredes. Si se almacenara a granel, no podrán mezclarse en el mismo sitio cementos de distintas calidades y procedencias.

Se exigirá al contratista la realización de ensayos que demuestren de modo satisfactorio que los cementos cumplen las condiciones exigidas. Las partidas de cemento defectuoso serán retiradas de la obra en el plazo máximo de 8 días. Los



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

métodos de ensayo serán los detallados en la RC-03. Se realizarán en laboratorios homologados.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

### 1.1.3. Aceros

#### 1.1.3.1. Acero de alta adherencia en redondos para armaduras

**Artículo 9.** Se aceptarán aceros de alta adherencia que lleven el sello de conformidad CIETSID.

Estos aceros vendrán marcados de fábrica con señales indelebles para evitar confusiones en su empleo. No presentarán ovalaciones, grietas, sopladuras, ni mermas de sección superiores al 5%.

El módulo de elasticidad será igual o mayor que 21.000 kN/cm<sup>2</sup>.

Entendiendo por límite elástico la mínima tensión capaz de producir una deformación permanente de 0,2%, se prevé el acero de límite elástico 42 kN/cm<sup>2</sup>, cuya carga de rotura no será inferior a 52,5 kN/cm<sup>2</sup>. Esta tensión de rotura es el valor de la ordenada máxima del diagrama tensión-deformación.

Se tendrán en cuenta prioritariamente las determinaciones de la EHE.

### 1.1.4. Productos auxiliares de hormigones

#### 1.1.4.1. Productos para curado de hormigones



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

**Artículo 10.** Se definen como productos para curado de hormigones hidráulicos los que, aplicados en forma de pintura pulverizada, depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón para impedir la pérdida de agua por evaporación.

El color de la capa protectora resultante será claro, preferiblemente blanco, para evitar la absorción del calor solar. Esta capa deberá ser capaz de permanecer intacta durante 7 días al menos después de una aplicación.

1.1.4.2. Desencofrantes

**Artículo 11.** Se definen como tales a los productos que, aplicados en forma de pintura a los encofrados, disminuyen la adherencia entre éstos y el hormigón, facilitando la labor de desmoldeo. El empleo de estos productos deberá ser expresamente autorizado, sin cuyo requisito no se podrán utilizar.

1.1.5. Encofrados y cimbras

1.1.5.1. Encofrados en muros

**Artículo 12.** Podrán ser de madera o metálicos, pero tendrán la suficiente rigidez, latiguillos y puntales para que la deformación máxima debida al empuje del hormigón fresco sea inferior a 1 cm respecto a la superficie teórica de acabado. Para medir estas deformaciones se aplicará sobre la superficie desencofrada una regla metálica de 2 m de longitud, recta si se trata de una superficie plana, o curva si ésta es reglada.

Los encofrados para hormigón visto necesariamente habrán de ser de madera.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.1.5.2. Encofrado de pilares, vigas y arcos

**Artículo 13.** Podrán ser de madera o metálicos, pero cumplirán la condición de que la deformación máxima de una arista encofrada respecto a la teórica, sea menor o igual de 1 cm de la longitud teórica. Igualmente deberán tener el conforado lo suficientemente rígido para soportar los efectos dinámicos del vibrado del hormigón, de forma que el máximo movimiento local producido por esta causa sea de 5 mm.

1.1.6. Aglomerantes, excluido el cemento

1.1.6.1. Cal hidráulica

**Artículo 14.** Cumplirá las siguientes condiciones:

- a) Peso específico comprendido entre dos enteros y cinco décimas y dos enteros y ocho décimas.
- b) Densidad aparente superior a ocho décimas.
- c) Pérdida de peso por calcinación al rojo blanco menor del 12%.
- d) Fraguado entre 9 y 30 h.
- e) Residuo de tamiz 4900 mallas menor del 6%.
- f) Resistencia a la tracción de pasta pura a los 7 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup>. Curado de la probeta un 1 día al aire y el resto en agua.
- g) Resistencia a la tracción del mortero normal a los 7 días superior a 4 kg/cm<sup>2</sup>. Curado por la probeta 1 día al aire y el resto en agua.
- h) Resistencia a la tracción de pasta pura a los 28 días superior a 8 kg/cm<sup>2</sup> y también superior en 2 kg/cm<sup>2</sup> a la alcanzada al 7º día.

1.1.6.2. Yeso

**Artículo 15.** Deberá cumplir las siguientes condiciones:



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

- a) El contenido en sulfato cálcico semihidratado ( $\text{SO}_4\text{Ca}/2\text{H}_2\text{O}$ ) será como mínimo del 50% en peso.
- b) El fraguado no comenzará antes de los 2 min. y no terminará después de los 30 min.
- c) En tamiz 0,2 UNE 7050 no será mayor del 20%.
- d) En tamiz 0,08 UNE 7050 no será mayor del 50%.
- e) Las probetas prismáticas 4-4-16 cm de pasta normal ensayadas a flexión, con una separación entre apoyos de 10,67 cm, resistirán una carga central de 120 kg como mínimo.
- f) La resistencia a compresión determinada sobre medias probetas procedentes del ensayo a flexión, será como mínimo  $75 \text{ kg/cm}^2$ . La toma de muestras se efectuará como mínimo en un 3% de los casos mezclando el yeso procedente hasta obtener por cuarteo una muestra de 10 kg como mínimo una muestra. Los ensayos se efectuarán según las normas UNE 7064 y UNE 7065.

#### 1.1.7. Materiales de cubierta

##### 1.1.7.1. Impermeabilizantes

**Artículo 16.** Las láminas impermeabilizantes podrán ser bituminosas, plásticas o de caucho. Las láminas y las imprimaciones deberán llevar una etiqueta identificativa indicando la clase de producto, el fabricante, las dimensiones y el peso por  $\text{m}^2$ . Dispondrán de Sello INCE/Marca AENOR y de homologación MICT, o de un sello o certificación de conformidad incluido en el registro del CTE del Ministerio de la Vivienda.

Podrán ser bituminosos, ajustándose a uno de los sistemas aceptados por el DB correspondiente del CTE, cuyas condiciones cumplirá, o, no bituminosos o bituminosos modificados teniendo concedido Documento de Idoneidad Técnica de IETCC, cumpliendo todas sus condiciones.



---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.1.8. Materiales para fábrica y forjados

1.1.8.1. Fábrica de ladrillo y bloque

**Artículo 17.** Las piezas utilizadas en la construcción de fábricas de ladrillo o bloque se ajustarán a lo estipulado en el artículo 4 del DB SE-F Seguridad Estructural Fábrica del CTE.

La resistencia normalizada a compresión mínima de las piezas será de 5 N/mm<sup>2</sup>.

Los ladrillos serán de primera calidad según queda definido en el Pliego general de condiciones para la recepción de ladrillos cerámicos en las obras de construcción (RL-88).

1.1.8.2. Viguetas prefabricadas

**Artículo 18.** Las viguetas serán pretensadas, según la memoria de cálculo, y deberán poseer la autorización de uso correspondiente. No obstante el fabricante deberá garantizar su fabricación y resultados por escrito, caso de que se requiera.

El fabricante deberá facilitar instrucciones adicionales para su utilización y montaje en caso de ser éstas necesarias siendo responsable de los daños que pudieran ocurrir por carencia de las instrucciones necesarias.

Tanto el forjado como su ejecución se adaptarán a la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE).

1.1.8.3. Bovedillas

**Artículo 19.** Las características se deberán exigir directamente al fabricante a fin de ser aprobadas.



---

## PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

### 1.1.9. Materiales para cerramientos

#### 1.1.9.1. Paneles sándwich

**Artículo 20.** Los cerramientos opacos del edificio sin función estructural, están constituidos por elementos prefabricados ligeros con sujeción a la estructura del edificio. Se compone de los paneles propiamente dichos, el sistema de sujeción, juntas y sellado.

El panel es suministrado con su sistema de sujeción a la estructura del edificio que garantizará, una vez colocado el panel, su estabilidad así como la su resistencia a las sollicitaciones previstas.

Los cantos de los paneles presentarán la forma adecuada y se suministrarán con los elementos accesorios necesarios para que las juntas resultantes de la unión entre paneles y los elementos de la fachada, una vez sellados y acabados sean estancos al aire y al agua y no den lugar a puentes térmicos.

Cuando la rigidez de los paneles no permita un sistema de sujeción directo a la estructura del edificio, el sistema incluirá elementos auxiliares como correas en Z o C, perfiles intermedios de acero, etc., a través de los cuales se realizará la fijación. Se indicarán las tolerancias que permitan el sistema de fijación, el aplomo entre los elementos de fijación y la distancia entre planos horizontales de fijación. Los elementos metálicos que comprenden el sistema de sujeción quedarán protegidos de la corrosión.

### 1.1.10. Carpintería metálica

#### 1.1.10.1. Puertas



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

**Artículo 21.** Los perfiles empleados en la confección de puertas metálicas, serán especiales de doble junta y cumplirán todas las prescripciones legales. No se admitirán rebabas ni curvaturas, rechazándose los elementos que adolezcan de algún defecto de fabricación.

1.1.11. Saneamiento

1.1.11.1. Bajantes

**Artículo 22.** Las bajantes de aguas pluviales serán de materiales plásticos que dispongan autorización de uso. Se emplean material PVC.

Todas las uniones entre tubos y piezas especiales se realizarán mediante uniones Gibault.

1.1.11.2. Instalación de cañería de agua

**Artículo 23.** Todos los materiales a emplear en la instalación de la cañería de la planta como los cálculos empleados para su dimensionado y diseño, deberán de cumplir con la normativa vigente Norma ASME, donde se encuentra recogidas todas las restricciones necesarias.

1.1.11.3. Caja de control

**Artículo 24.** Se deberá de colocar un tránsito general de fácil y libre acceso, lo más ajena posible de la red general de distribución y de otras instalaciones. En la cual se va a recoger todos los datos necesarios procedentes de los puntos de control del sistema a instalar en la planta. Existirán diferentes puntos de control distribuidos por toda la instalación, donde se recogerán controles sobre caudal, presión y nivel.



---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.1.12. Instalaciones eléctricas

1.1.12.1. Normas

**Artículo 25.** Todos los materiales que se empleen en la instalación eléctrica, tanto de alta como de baja tensión deberán cumplir las prescripciones técnicas que dictan las normas internacionales ITC, los reglamentos en vigor, así como las normas técnico-prácticas de la compañía suministradora de energía.

1.1.12.2. Conductores de baja tensión

**Artículo 26.** Los conductores de los cables serán de cobre desnudo recocido, normalmente con formación e hilo único hasta 6 mm<sup>2</sup>.

La cubierta será de policloruro de vinilo tratada convenientemente de forma que asegure mejor resistencia al frío, a la laceración, a la abrasión respecto al policloruro de vinilo normal (PVC).

La acción sucesiva del sol y de la humedad no deben provocar la más mínima alteración de la cubierta. El relleno que sirve para dar forma al cable aplicado por extrusión sobre las almas del cableado debe ser de material adecuado de manera que pueda ser fácilmente separado para la confección de los empalmes y terminales.

Los cables denominados de "instalación", normalmente alojados en tubería protectora, serán de cobre con aislamiento de PVC. La tensión de servicio será de 750 V y la tensión de ensayo de 2.000 V.

La sección mínima que se utilizará en los cables destinados tanto a circuitos de alumbrado como de fuerza será de 1,5 m<sup>2</sup>.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

Los ensayos de tensión y de resistencia de aislamiento se efectuarán con la tensión de prueba de 2.000 V, de igual forma que en los cables anteriores.

1.1.12.3. Aparatos de alumbrado interior

**Artículo 27.** Las luminarias se construirán con chasis de chapa de acero de calidad, con espesor o nervaduras suficientes para alcanzar la rigidez necesaria.

Los enchufes con toma de tierra tendrán esta toma dispuesta de forma que sea la primera en establecerse y la última en desaparecer y serán irreversibles, sin posibilidad de error en la conexión.

1.1.12.4. Acometida

**Artículo 28.** Se dispondrá tal y como lo indiquen el resto de documentos del Proyecto. La sección mínima del conductor neutro deberá ser igual a la de conductores de fase. Los empalmes y conexiones de los conductores deberán de efectuarse siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.

1.1.12.5. Caja general

**Artículo 29.** Se deberá de colocar un tránsito general de fácil y libre acceso, lo más ajena posible de la red general de distribución y de otras instalaciones. Deberá ser precintable, constatar con cortacircuitos fusibles en todos los conductores de fase, con poder de corte igual a la corriente de cortocircuito posible en el punto de su instalación, y tener un borde de conexión de puesta a tierra si la caja es mecánica.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.1.12.6. Línea de alcance, caja general, cuadro de contadores

**Artículo 30.** Enlazará la caja general con el lugar donde se hallen los contadores. Deberá terminar en un embarrado o en unos bornes que deberán quedar protegidos contra cualquier manipulación indebida.

La línea de enlace deberá discurrir por lugares de uso común.

La línea de enlace está constituida por:

- a) Conductores aislados en el interior de tubos, según proyecto.
- b) Los conductores utilizados serán material especificado, según proyecto.

Los contadores se instalarán sobre bases constituidas al efecto por materiales adecuados y no inflamables y sus medidas serán dispuestas por la compañía administradora.

La zona donde estén situados será de fácil y acceso rápido.

La altura mínima del suelo será de 1,5m y la máxima de 1,8m.

Los conductores estarán protegidos contra toda manipulación indebida en ellos.

Cada contador y fusible de seguridad tendrá un rótulo indicativo del circuito o desviación individual a que pertenece.

1.1.12.7. Instalaciones interiores o receptores.

**Artículo 31.** Se dotará el edificio de al menos dos circuitos perfectamente diferenciados, Fuerzas y Alumbrados.

Los tubos destinados a contener los conductores tendrán diámetro que permita el aumento de sección de los conductores en un 50%.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

El número de hilos vendrá fijado por el número de fases necesarias para la utilización de los receptores por parte de abonado.

1.1.12.8. Canalizaciones

**Artículo 32.** Se tendrá en cuenta su tratado, los posibles paralelismos o cruces con otros conductos y canalizaciones disponiéndolas de forma que las superficies de ambas se mantengan a una distancia mínima de 3 cm, y en el caso de cruces, las canalizaciones eléctricas se situarán por debajo de las demás instalaciones, teniendo en cuenta esencialmente los siguientes puntos:

- a) Elevación de la temperatura.
- b) Condensación.
- c) Corrosión.
- d) Explosión.

Las canalizaciones serán accesibles y fácilmente identificables.

1.1.12.9. Puesta a tierra

**Artículo 33.** Se efectuará de acuerdo con lo establecido en el capítulo de Memoria. El recorrido de los conductores de tierra será lo más corto posible y sin cambios brusco de dirección.

Los conductores tendrán un buen contacto eléctrico tanto en las partes eléctricas o masas conectadas a tierra, como en el electrodo.

Los circuitos de tierra deberán de ser continuos y no estarán interrumpidos por ningún tipo de seccionador.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

La revisión de la toma de tierra se efectuará una vez al año, por lo menos, procurando que el terreno esté lo más seco posible, circunstancia esta que lo hace menos conductor.

1.1.12.10. Nota importante

**Artículo 34.** El instalador oficial que lleve a cabo la realización de este proyecto, que deberá estar especializado en esta labor, poseer todos los requisitos que establece la legislación vigente, tendrá en todo momento las Normas U.N.E., de obligatorio cumplimiento, publicadas por el instituto de Racionalización y Normalización.

**1.2. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA**

1.2.1. Obras afectadas

**Artículo 35.** Este Pliego de condiciones particulares, juntamente con el Pliego General de Condiciones, la Memoria, Planos y Presupuestos, son documentos que has de servir de base para la ejecución de las obras correspondientes a este proyecto.

Serán objeto de las normas y condiciones facultativas que se reflejan en el Pliego de Condiciones de las obras incluidas en el presupuesto, abarcando a todos los oficios y materiales que en ella se emplean.

1.2.2. Normas de aplicación

**Artículo 36.** Serán de aplicación las normas indicadas en el capítulo correspondiente de las Memoria, y cuantas normas sean de aplicación, de acuerdo con la naturaleza del presente proyecto.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.2.3. Interpretación del proyecto y realización de obra

**Artículo 37.** Corresponde exclusivamente a la Dirección Técnica la interpretación del proyecto, así como el dar las órdenes complementarias, gráficos o escritos para el correcto desarrollo del mismo.

Las obras se ajustarán a los planos y estado de mediciones, resolviéndose cualquier discrepancia por el Director de obra.

1.2.4. Duración de las obras

**Artículo 38.** Las obras correspondientes al presente proyecto comenzarán a la semana siguiente de la adjudicación por parte del Contratista, en el supuesto de que el contrato no se señale alguna otra fecha.

La duración de la obra será como máximo seis meses, si el contrato no se estipula expresamente.

1.2.5. Plazo de garantía

**Artículo 39.** Se establece un plazo de garantía de 1 año como mínimo para las obras, maquinaria e instalación del presente proyecto.

1.2.6. Retirada de materiales, caso de rescisión de contrato

**Artículo 40.** La retirada de maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc. Caso de rescisión de contrato se realizará en el plazo de una semana máximo contando a partir del día de rescisión, y será por cuenta del Constructor que rescinde.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

**1.3. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA**

1.3.1. Medición de las obras efectuadas

**Artículo 41.** La medición de las obras se hará por el tipo de unidad establecida en el Presupuesto.

1.3.2. Excavaciones y relleno

**Artículo 42.** Se entiende por excavación en tierras las cubicaciones de la explanación efectuada, y por relleno, el mismo volumen descontando el que ocupa la fábrica.

1.3.3. Definición de metro cúbico de fábrica

**Artículo 43.** Se entiende por metro cúbico de fábrica el de la obra ejecutada completamente terminada con arreglo a las condiciones. El precio señalado en el cuadro de precios correspondiente se refiere al metro cúbico definido de esta manera, cualquier que sea la procedencia de los materiales.

1.3.4. Medición de albañilería

**Artículo 44.** Los muros y tabiques se medirán una vez terminados, y se descontarán los huecos que correspondan.

Los forjados de piso se medirán por superficie.

En los tejados, la medición se realizará descomponiendo cada faldón en caras geométricas bien determinadas.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

Los solados y revestimientos de azulejos también se abonarán desconectando los huecos, si hubiera. Del mismo modo se procederá en guarnidos, enlucidos, revocos, enfoscados y pinturas.

1.3.5. Medición de cerrajería y carpintería

**Artículo 45.** La carpintería de puertas y ventanas se medirá con cerco. Las mediciones se realizarán sin desarrollar moldaduras.

1.3.6. Mediciones de obras metálicas

**Artículo 46.** Las puertas metálicas de las obras se medirán por kg o por m<sup>2</sup>, según mediciones del proyecto y estimación del Director de obra.

1.3.7. Precios contradictorios

**Artículo 47.** Se establece un plazo de dos días para resolver cualquier precio contradictorio entre la Contrata y la Dirección facultativa.

## 1.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

1.4.1. Obligaciones del contratista

**Artículo 48.** El contratista con carácter general viene obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le confían, así como a cumplir rigurosamente



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato, al igual que cuantas órdenes se le den verbalmente o por escrito por el Técnico Director de Obra.

1.4.2. Responsabilidades del contratista

**Artículo 49.** De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnización alguna por el mayor precio que pudieran constarle, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo a su cuenta y riesgo independientemente de las inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director de obra.

El contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes preceptúan, para evitar en lo posible accidentes a los obreros o a los viandantes, en todos los lugares peligrosos de la obra.

Así mismo, será responsable ante los tribunales de los accidentes que por inexperiencia o descuido sobrevinieran en el curso de las obras, debiendo atenerse en todo a las normas de prudencia, así como a las disposiciones y reglamentos de policía de la materia.

1.4.3. Leyes laborales de accidentes de trabajo

**Artículo 50.** El contratista viene obligado a cumplir rigurosamente todas las legislaciones vigentes, o que puedan dictarse en el curso de los trabajos.

Igualmente está obligado a tener a todo el personal a sus órdenes debidamente asegurado contra accidentes de trabajo, debiendo así probarlo si a ello fuera evitado por la Dirección Técnica o la Propiedad.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

1.4.4. Mano de obra

**Artículo 51.** El contratista deberá tener siempre en obra un número de operarios proporcional a la extensión y clase de los trabajos a juicio de la Dirección Técnica. Estos serán de aptitud reconocida experimentados en su oficio y en todo momento habrá en obra un técnico o encargado apto que vigile e interprete los planos, y haga cumplir las órdenes de la Dirección y cuanto en este Pliego se especifica.

1.4.5. Daños en propiedades vecinas

**Artículo 52.** Si con motivo de las obras el contratista causara algún desperfecto en las propiedades colindantes, tendrá que repararla por su cuenta. Así mismo, adoptará cuantas medidas sean necesarias para evitar la caída de materiales o herramientas que puedan ser motivo de accidentes.

1.4.6. Rescisión del contrato

**Artículo 53.** La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes.

Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- a) Muerte o incapacitación del contratista.
- b) Quiebra del contratista.
- c) Alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - Modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales a juicio del Director de Obra, y siempre que la variación del presupuesto sea  $\pm 25\%$  como mínimo de su importe.
  - Variaciones en las unidades de obra  $\pm 40\%$ .
  - Suspensión de la obra comenzada.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

- Incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando implique descuido o mala fe con perjuicio de los intereses de las obras.
- Abandono de la obra sin causa justificada.

1.4.7. Formalizaciones del contrato

**Artículo 54.** La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del contrato, los planos y demás documentos del proyecto irán firmados por ambos.



DISEÑO DE REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA MEJORAR  
LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA PAPELERA DE LA  
LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

---

PLIEGO DE CONDICIONES

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*

*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*

# **PRESUPUESTO**

# **PRESUPUESTO**

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

- I. MEDICIONES Y PRESUPUESTO**
- II. CUADRO DE PRECIOS**
- III. PRESUPUESTO**

**MEDICIONES**  
**Y**  
**PRESUPUESTO**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |       |       |      |          |      |          |       |          |       |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|------|----------|------|----------|-------|----------|-------|
| <b>D02AA501</b><br>1.001 | <b>M2 DESB. Y LIMP. TERRENO A MÁQUINA</b><br>M2. Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte y con p.p. de costes indirectos.<br>PARCELA                                                                                                                              | 1,00 | 40,00 | 35,00 |      | 1.400,00 |      | 1.400,00 | 0,57  | 798,00   |       |
| <b>D02HF100</b><br>1.002 | <b>M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS SANEA. T.F</b><br>M3. Excavación mecánica de zanjas de saneamiento, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.<br>ZANJA SANEAMIENTO<br>ZANJA DE EVACUACIÓN DE AGUA TRATADA AL RÍO | 1,00 |       |       |      | 1,00     |      | 1,00     | 2,00  | 10,68    | 21,36 |
| <b>D02HF105</b><br>1.003 | <b>M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS INSTAL. T.F.</b><br>M3. Excavación mecánica de zanjas para alojar instalaciones, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.<br>ZANJA INSTALACIÓN ELÉCTRICA                        |      | 1,00  |       |      |          | 1,00 |          | 1,00  | 11,54    | 11,54 |
| <b>D02KF001</b><br>1.004 | <b>M3 EXCAV. MECÁN. POZOS T. FLOJO</b><br>M3. Excavación, con retroexcavadora, de terreno de consistencia floja, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes, i/p.p. de costes indirectos.<br>ZAPATAS                                                                                 | 8,00 | 1,40  | 1,40  | 0,50 | 7,84     |      | 7,84     | 13,06 | 102,39   |       |
| <b>D02TF151</b><br>1.005 | <b>M3 RELLENO Y COMPAC. MECÁN. S/APORTE</b><br>M3. Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos.<br>PARCELA                                                                          | 1,00 | 40,00 | 35,00 |      | 1.400,00 |      | 1.400,00 | 7,02  | 9.828,00 |       |

**TOTAL CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS. ....**

**10.761,29**

=====



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|

### CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |                |                |      |                    |                |          |        |           |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|----------------|------|--------------------|----------------|----------|--------|-----------|
| <b>D04AA201</b><br>2.001 | <b>Kg ACERO CORRUGADO B 500-S</b><br>Kg. Acero corrugado B 500-S incluso cortado, doblado, armado y colocado en obra, i/p.p. de mermas y despuntes.<br>DE 20 mm DE DIÁMETRO. 17 REDONDOS POR ZAPATA<br>DE 20 mm DE DIÁMETRO. 2 PERNOS POR ZAPATA                                                                          |              |                |                |      | 136,00<br>2,00     | 136,00<br>2,00 | 138,00   | 1,41   | 194,58    |
| <b>D04AK015</b><br>2.002 | <b>Ud PLACA CIMENTACIÓN 40x40x1.5 cm.</b><br>Ud. Placa de anclaje de acero A-42b en perfil plano para cimentación, de dimensiones 40x40x1'5 cm. con cuatro patillas de redondo liso de 12 mm. de diámetro, con una longitud cada una de ellas de 60 cm., soldadas, i/ taladro central, totalmente colocada.<br>PLACA BASE |              |                |                |      | 8,00               | 8,00           | 8,00     | 28,00  | 224,00    |
| <b>D04GA102</b><br>2.003 | <b>M3 HORM. HA-25/P/40/ IIa CI. V. M. CENT.</b><br>M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ IIa N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas, zanjas de cimentación y vigas riostra, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE.<br>NAVE  | 1,00         | 15,00          | 10,00          |      | 150,00             |                | 150,00   | 125,79 | 18.868,50 |
| <b>D04GC102</b><br>2.004 | <b>M3 HOR. HA-25/P/40/ IIa ZAP. V. M. CENT.</b><br>M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ IIa N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas de cimentación, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE.<br>ZAPATA                        | 8,00         | 1,40           | 1,40           | 5,00 | 78,40              |                | 78,40    | 125,05 | 9.803,92  |
| <b>D04PK010</b><br>2.005 | <b>M2 SOLERA HORM. H-150/20 e=10 cm.</b><br>M2. Solera de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón H-150 Kg/cm2. Tmáx. del árido 20 mm. elaborado en obra i/vertido y colocado y p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según EH-91.<br>NAVE<br>PARCELA                                                     | 1,00<br>1,00 | 15,00<br>40,00 | 10,00<br>35,00 |      | 150,00<br>1.400,00 |                | 1.550,00 | 16,15  | 25.032,50 |

**54.123,50**

**TOTAL CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN. ....**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C03 ESTRUCTURAS

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |       |  |  |        |        |      |          |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--|--|--------|--------|------|----------|
| <b>D05AA010</b><br>3.001 | <b>Kg ACERO S275 EN CERCHAS</b><br>Kg. Acero laminado S275 en cerchas, con una tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , i/p.p. de despuntes y dos manos imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado, según CTE/DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |       |       |  |  |        |        |      |          |
|                          | CORREAS IPN-140                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 8,00  | 15,00 |  |  | 120,00 |        |      |          |
|                          | CORDÓN SUPERIOR UPN-120                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8,00  | 5,10  |  |  | 40,80  |        |      |          |
|                          | CORDÓN INFERIOR UPN-100                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8,00  | 5,00  |  |  | 40,00  |        |      |          |
|                          | MONTANTES Y DIAGONALES L.60.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16,00 | 25,60 |  |  | 409,60 |        |      |          |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |       |  |  |        | 610,40 | 1,89 | 1.153,66 |

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |      |  |  |       |       |      |        |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|--|--|-------|-------|------|--------|
| <b>D05AA003</b><br>3.002 | <b>Kg ACERO S275 EN ELEMENT. ESTRUCT.</b><br>Kg. Acero laminado en perfiles S275, colocado en elementos estructurales aislados, tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , con ó sin soldadura, i/p.p. de placas de apoyo, y pintura antioxidante, dos capas, según CTE/DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |      |      |  |  |       |       |      |        |
|                          | PILAR HEB-160                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 8,00 | 8,00 |  |  | 64,00 |       |      |        |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |      |  |  |       | 64,00 | 1,75 | 112,00 |

**TOTAL CAPÍTULO C03 ESTRUCTURAS. . . . . 1.265,66**

=====



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C04 CUBIERTA

**C04M01**  
4.001

**Ud Panel sandwich**

Panel sandwich de la casa PACESA, más concretamente el panel cubierta PC-1000 o similar de 30 mm de espesor, conformado de dos chapas de acero laminado en frío, lacadas o galvanizadas y unidades entre sí por un núcleo central aislante de espuma rígida de poliuretano expandido, con una densidad media de 40 kg/m<sup>3</sup>. Se instala el panel sandwich sobre las correas metálicas y se sujetarán a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforen en la cresta de la greca

|       |      |       |      |        |        |       |          |
|-------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|
| Panel | 2,00 | 15,00 | 5,10 | 153,00 | 153,00 | 25,26 | 3.864,78 |
|-------|------|-------|------|--------|--------|-------|----------|

**TOTAL CAPÍTULO C04 CUBIERTA. ....**

**3.864,78**

=====



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**MEDICIONES Y PRESUPUESTOS**

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

**CAPÍTULO C05 CERRAMIENTOS**

**D0501**  
5.001

**Ud PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN DE 12 cm**

|                                      |       |       |      |        |        |       |           |
|--------------------------------------|-------|-------|------|--------|--------|-------|-----------|
| CARA NORTE                           | 1,00  | 10,00 | 8,00 | 80,00  |        |       |           |
| CARA ESTE                            | 1,00  | 15,00 | 8,00 | 120,00 |        |       |           |
| CARA SUR                             | 1,00  | 10,00 | 8,00 | 80,00  |        |       |           |
| Puerta metálica                      | -1,00 | 4,00  | 4,00 | -16,00 |        |       |           |
| CARA OESTE                           | 1,00  | 15,00 | 8,00 | 120,00 |        |       |           |
| Perforaciones canalización agua-4,00 | 0,13  |       | 0,13 | -0,07  |        |       |           |
|                                      |       |       |      |        | 383,93 | 87,20 | 33.478,70 |

**33.478,70**

**TOTAL CAPÍTULO C05 CERRAMIENTOS. ....**

=====



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C06 CARPINTERÍA

**C0601**  
6.001

**Ud PUERTA METALICA CORREDERA**

Puerta metálica corredera con ejes perpendiculares y perfiles conformados en frío de fleje de acero galvanizado, doble agrfado, de espesor mínimo de 0,8mm incluso bulones, junquillos, cantoneras, parillas de fijación, herrajes de colgar y seguridad y p.p. de sellado de juntas con masilla elástica. construido según NTE/FCA-26. Con puerta de acceso individual abatible de 2x1m. Medida de fuera a fuera del cerco.

|                                                 |      |      |      |       |       |        |          |
|-------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|--------|----------|
| P.corredera metálica de 4mx4m de color amarillo | 1,00 | 4,00 | 4,00 | 16,00 | 16,00 | 154,67 | 2.474,72 |
|-------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|--------|----------|

**2.474,72**

**TOTAL CAPÍTULO C06 CARPINTERÍA. ....**

=====



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |       |  |       |       |        |          |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|--|-------|-------|--------|----------|
| <b>D27CG001</b><br>7.001 | <b>Ud CAJA GRAL. PROTECCIÓN 100A(TRIF.)</b><br>Ud. Caja general de protección 100A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 100A para protección de la línea general de alimentación situada en fachada o nicho mural. ITC-BT-13 cumplirán con las UNE-EN 60.439-1, UNE-EN 60.439-3, y grado de protección de IP43 e IK08.                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,00 |       |  | 1,00  | 1,00  | 110,97 | 110,97   |
| <b>D27QA52</b><br>7.002  | <b>Ud PUNTO EMERG. 183 LÚM/36 m2.</b><br>Ud. Punto de luz emergencia-señalización para garaje realizado en canalización superficial de PVC rígido M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5 mm <sup>2</sup> , así como p/p de línea de alimentación, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado.<br>LUZ DE EMERGENCIA                                                                                                                                                                                                                                                     | 5,00 |       |  | 5,00  |       | 79,04  | 395,20   |
| <b>C07M0101</b><br>7.003 | <b>Ud Campana luminaria LED 200 w</b><br>Campana luminaria LED 200 W, de la casa LEDBOX. Totalmente instalada.<br>Campana luminaria LED 200 W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |       |  | 6,00  |       | 299,00 | 1.794,00 |
| <b>D27HE001</b><br>7.004 | <b>MI DERIVACIÓN INDIVIDUAL 3x16 mm2. Cu</b><br>MI. Derivación individual ES07Z1-K 3x16 mm <sup>2</sup> , (delimitada entre la centralización de contadores y el cuadro de distribución), bajo tubo de PVC rígido D=32 y conductores de cobre de 16 mm <sup>2</sup> . aislados, para una tensión nominal de 750 V en sistema monofásico más protección, así como conductor "rojo" de 1,5 mm <sup>2</sup> (tarifa nocturna), tendido mediante sus correspondientes accesorios a lo largo de la canaladura del tiro de escalera o zonas comunes. ITC-BT 15 y cumplira con la UNE 21.123 parte 4 ó 5.<br>Contador- Cuadro General | 1,00 |       |  | 1,00  |       | 24,51  | 24,51    |
| <b>D27GA001</b><br>7.005 | <b>Ud TOMA DE TIERRA (PICA)</b><br>Ud. Toma tierra con pica cobrizada de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre desnudo de 1x35 mm <sup>2</sup> . conexionado mediante soldadura aluminotérmica. ITC-BT 18<br>Pica de puesta a tierra 14mm de diámetro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4,00 |       |  | 4,00  |       | 91,77  | 367,08   |
| <b>U30JA008</b><br>7.006 | <b>MI Conductor 0,6/1Kv 2x1,5 (Cu)</b><br>Circuito 1. Aluminado interno<br>Circuito 4. Destructor de ozono<br>Circuito 1. Aluminado<br>Circuito 4. Destructor de ozono                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1,00 | 15,00 |  | 15,00 |       |        |          |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1,00 | 15,00 |  | 15,00 |       |        |          |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |       |  |       | 30,00 | 0,74   | 22,20    |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código                   | Descripción                                                                                                                                                                    | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
| <b>U30JA027</b><br>7.007 | <b>MI Conductor 0,6/1 Kv 6x10 (Cu)</b><br>Circuito 2. Bombas de impulsión                                                                                                      |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 2                                                                                                                                                                     | 1,00 | 15,00    |         |        | 15,00     | 15,00    | 4,27     | 64,05       |
| <b>U30JA342</b><br>7.008 | <b>MI Conductor 0,6/1 Kv 1 x 120 (Cu)</b><br>Cuadro general                                                                                                                    |      |          |         |        |           | 15,00    | 15,45    | 231,75      |
| <b>U30JA344</b><br>7.009 | <b>MI Conductor 0,6/1kv 1 x 35 (Cu)</b><br>Circuito 3. Generador de Ozono                                                                                                      |      |          |         |        |           | 15,00    | 4,90     | 73,50       |
| <b>U30JA345</b><br>7.010 | <b>MI Conductor 0,6/1kv 1x16 (Cu)</b><br>Circuito 5. Biofiltro                                                                                                                 |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 5                                                                                                                                                                     | 1,00 | 15,00    |         |        | 15,00     | 15,00    | 2,40     | 36,00       |
| <b>U30IA010</b><br>7.011 | <b>Ud Diferencial 25A/2p/30mA</b>                                                                                                                                              |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 1.                                                                                                                                                                    | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          | Circuito 3.                                                                                                                                                                    | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                                                |      |          |         |        |           | 2,00     | 44,51    | 89,02       |
| <b>U30IA025</b><br>7.012 | <b>Ud Diferencial 63A/4p/30mA</b>                                                                                                                                              |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 3.                                                                                                                                                                    | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          | Cuadro General                                                                                                                                                                 | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                                                |      |          |         |        |           | 2,00     | 479,46   | 958,92      |
| <b>U30IM001</b><br>7.013 | <b>Ud Cuadro eléctrico metálico</b><br>Cuadro eléctrico metálico con unas dimensiones de 600 x 400 x 200 mm , totalmente instalado incluido p.p. de pequeño material eléctrico |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                                                |      |          |         |        |           | 1,00     | 124,30   | 124,30      |
| <b>U30JW745</b><br>7.014 | <b>Ud Bandeja rejilla 300x60 mm + accesorios</b>                                                                                                                               |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                                                |      |          |         |        |           | 30,00    | 11,25    | 337,50      |
| <b>U30JW120</b><br>7.015 | <b>MI Tubo PVC corrugado M 20/gp5</b>                                                                                                                                          |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 1. Alumbrado                                                                                                                                                          | 1,00 | 15,00    |         |        | 15,00     |          |          |             |
|                          | Circuito 3. Maquinaria                                                                                                                                                         | 1,00 | 15,00    |         |        | 15,00     |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                                                |      |          |         |        |           | 30,00    | 0,56     | 16,80       |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código                   | Descripción                                                                                                                                               | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
| <b>U30AC010</b><br>7.016 | <b>Ud Tramita.-contrata.electri/Kw</b>                                                                                                                    |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Tramitacion                                                                                                                                               | 1,00 |          |         |        | 1,00      | 1,00     | 51,00    | 51,00       |
| <b>U30JW551</b><br>7.017 | <b>Ud Caja metálica Crady</b>                                                                                                                             |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 2. Equipos de impulsión                                                                                                                          | 1,00 | 15,00    |         |        | 15,00     | 15,00    | 3,40     | 51,00       |
| <b>D26HE07</b><br>7.018  | <b>Ud Acometida de electricidad de la red general</b>                                                                                                     |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Acometida                                                                                                                                                 | 1,00 |          |         |        | 1,00      | 1,00     | 120,20   | 120,20      |
| <b>D26HI07</b><br>7.019  | <b>Ud Interruptor magnitotérmico 2 polos 10 A</b>                                                                                                         |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 1                                                                                                                                                | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          | Circuito 3                                                                                                                                                | 1,00 |          |         |        | 1,00      |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                           |      |          |         |        |           | 2,00     | 5,00     | 10,00       |
| <b>D26HI08</b><br>7.020  | <b>Ud Interruptor magnototérmico 4 polos 50 A</b>                                                                                                         |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          | Circuito 2                                                                                                                                                | 1,00 |          |         |        | 1,00      | 1,00     | 62,08    | 62,08       |
| <b>C070102</b><br>7.021  | <b>Ud Partida alzada en material eléctrico</b><br>Partida alzada en material eléctrico, tales como interruptores de luz, regletas, cajas derivación, etc. |      |          |         |        |           |          |          |             |
|                          |                                                                                                                                                           |      |          |         |        |           | 7,00     | 2,36     | 16,52       |

**TOTAL CAPÍTULO C07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA. ....** **4.956,60**

=====



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C08 SANEAMIENTO

|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |  |  |  |      |  |        |        |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|------|--|--------|--------|
| <b>D03DB108</b><br>8.001 | <b>Ud ARQUETA POLIPROPILENO 40X40 cm.</b><br>Ud. Arqueta de Polipropileno (PP) de dimensiones 40x40x40 cm, JIMTEN 34003, formada por cerco y tapa o rejilla de PVC para cargas de zonas peatonales, acoplables entre sí y colocada sobre solera de hormigón HM-20 N/mm <sup>2</sup> de 10 cm de espesor incluida, según CTE/DB-HS 5.                                                                                        |      |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | ARQUETA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 2,00 |  |  |  | 2,00 |  | 78,54  | 157,08 |
| <b>D03DI001</b><br>8.002 | <b>Ud ACOMET. RED GRAL. SANE. T. F. 8 m.</b><br>Ud. Acometida domiciliaria de saneamiento a la red general, hasta una longitud de 8 m., en terreno flojo, con rotura de pavimento por medio de compresor, excavación mecánica, tubo de hormigón centrifugado D=25 cm., relleno y apisonado de zanja con tierra procedente de la excavación, i/limpieza y transporte de tierras sobrantes a pie de carga, según CTE/DB-HS 5. |      |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | ACOMETIDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1,00 |  |  |  | 1,00 |  | 265,94 | 265,94 |
| <b>D03AG020</b><br>8.003 | <b>MI TUBERÍA PVC 75 mm. COLGADA</b><br>Ml. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 75 mm de diámetro, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.                                                                                                                           |      |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | BAJANTE CARA ESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,00 |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | BAJANTE CARA OESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,00 |  |  |  |      |  |        |        |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |  |  |  | 2,00 |  | 13,81  | 27,62  |
| <b>D03AG002</b><br>8.004 | <b>MI TUBERÍA PVC 125 mm. COLGADA</b><br>Ml. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 125 mm de diámetro y 3.2 mm. de espesor, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.                                                                                                    |      |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | CANALÓN CARA ESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,00 |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | CANALÓN CARA OESTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,00 |  |  |  |      |  |        |        |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |  |  |  | 2,00 |  | 15,27  | 30,54  |
| <b>D03AK001</b><br>8.005 | <b>MI COL. VISITAB. HORM. 90X160 cm.</b><br>Ml. Colector visitable de 90x160cm.(anchoxalto) de hormigón armado HM-25 N/mm <sup>2</sup> realizado "in situ", con una cuantía de acero de 10 Kg/MI., totalmente acabado, sin incluir la excavación y la solera.                                                                                                                                                               |      |  |  |  |      |  |        |        |
|                          | COLECTOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,00 |  |  |  |      |  |        |        |
|                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |  |  |  | 1,00 |  | 244,68 | 244,68 |

**725,86**

**TOTAL CAPÍTULO C08 SANEAMIENTO.....**



**DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)**

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código      Descripción      Uds. Longitud Anchura Altura Parciales      Medición      Precio €      Presupuesto

### CAPÍTULO C09    PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |  |  |      |  |       |       |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|--|--|------|--|-------|-------|
| <b>D34AA010</b> | <b>Ud EXTINT. POLVO ABC 12 Kg. EF 34A-144B</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               |      |  |  |  |      |  |       |       |
| 9.001           | Ud. Extintor de polvo ABC con eficacia 34A-144B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 9 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado según CTE/DB-SI 4. Certificado por AENOR. |      |  |  |  |      |  |       |       |
|                 | EXTINTOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,00 |  |  |  | 1,00 |  | 58,87 | 58,87 |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |  |  |      |  |       |       |
| <b>D34MA010</b> | <b>Ud SEÑAL LUMINISCENTE EVACUACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |  |  |  |      |  |       |       |
| 9.002           | Ud. Señal luminiscente para indicación de la evacuación (salida, salida emergencia, direccionales, no salida....) de 297x148mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor, totalmente montada según norma UNE 23033 y CTE/DB-SI 4.                                                                                         |      |  |  |  |      |  |       |       |
|                 | SEÑALIZACIÓN SALIDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,00 |  |  |  | 1,00 |  |       |       |
|                 | SEÑALIZACIÓN EXTINTOR                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,00 |  |  |  | 1,00 |  |       |       |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |  |  | 2,00 |  | 10,74 | 21,48 |

**TOTAL CAPÍTULO C09 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS. .... 80,35**

=====



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### CAPÍTULO C10 MAQUINARIA

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |      |  |  |      |            |            |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------|--|--|------|------------|------------|
| <b>C10M1</b><br>10.001 | <b>Ud BOMBONA DE OXÍGENO</b><br>Bombona de oxígeno proporcionado por la casa WEDECO , cuyas dimensiones son 3000 x 5000 mm<br>BOMBONA DE OXIGENO 1,00                                                                                                                                                                                 |  |  |  |  | 1,00 |  |  | 1,00 | 884,46     | 884,46     |
| <b>C10M2</b><br>10.002 | <b>Ud GENERADOR DE OZONO</b><br>Generador de ozono de la casa WEDECO, en concreto el modelo SMOevo 910, con una potencia 170,9 KW, con dimensiones de bxhxp igual a 5,22 x 1,5 x 2,30 m. Incluido en el p.p. todo los sistemas para su instalación<br>Generador de ozono a empresa WEDECO 1,00                                        |  |  |  |  | 1,00 |  |  | 1,00 | 47.028,46  | 47.028,46  |
| <b>C10M3</b><br>10.003 | <b>Ud DESTRUCTOR DE OZONO</b><br>Destructor de ozono, proporcionado por la empresa WEDECO, con una ocupación de 1 m2. es de 60W. PotencialIncluido en el p.p los sistemas de instalación.<br>Destructor de ozono. empresa WEDECO 1,00                                                                                                 |  |  |  |  | 1,00 |  |  | 1,00 | 2.439,76   | 2.439,76   |
| <b>C10M4</b><br>10.004 | <b>Ud TANQ.ALMAENAMIENTO 1</b><br>Tanque de almacenamiento para agua (TK.101) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 400 m3. Incluido en el p.p el material necesario, recores, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema<br>Tanque de almacenamiento 1 1,00                               |  |  |  |  | 1,00 |  |  | 1,00 | 66.601,77  | 66.601,77  |
| <b>C10M5</b><br>10.005 | <b>Ud TANQ.ALMACENAMIENTO 2</b><br>Tanque de almacenamiento para agua (TK.102) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 1200m3. Incluido en el p.p el material necesario, recores, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema.<br>Tanque de almacenamiento 2 1,00                             |  |  |  |  | 1,00 |  |  | 1,00 | 127.775,26 | 127.775,26 |
| <b>C10M6</b><br>10.006 | <b>Ud EQUIPOS DE IMPULSIÓN</b><br>Equipos de impulsión, Bombas centrífugas horizontales de la casa EBARA ESPAÑA, serie 3 (3M), en concreto el modelo 3M-65-125/7.5, cuya potencia es 7,5 KW. Incluye en el p.p. los recores necesarios para su unión con las tuberías del sistema<br>BOMBAS CENTRÍFUGAS 3M 65.125/7.5 EBARA S.A. 6,00 |  |  |  |  | 6,00 |  |  | 6,00 | 2.697,26   | 16.183,56  |
| <b>C10M7</b>           | <b>Ud TUBERÍAS AGUA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |  |  |  |      |  |  |      |            |            |







DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código                    | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
| <b>C11M0205</b><br>11.006 | <b>Ud Medidor de oxígeno</b><br>Medidor de oxígeno disuelto de la casa NEURTEK MEDIOAMBIENTE o similar, para el reactor nº 1, compuesto por controlador modelo Analon DO 10 BASIC IP65, sensor de oxígeno disuelto ANALON D05 con sensor de temperatura integrado, adaptador ADD05 para electrodo D05 y soporte de inmersión PVCNDA10PR |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0206</b><br>11.007 | <b>Ud Transmisor de presión</b><br>Transmisor de presión serie 2088, de la casa Fisher Rousemount o similar, calibrada para 5 bar=500 kPa, con salida 4-20 mA                                                                                                                                                                           |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0207</b><br>11.008 | <b>Ud Agitador de nutrientes</b><br>Agitador de nutrientes para depósito de 3000 l de la casa Prominent, o similar, potencia de 0,75 kW, montado sobre el depósito de nutrientes                                                                                                                                                        |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0208</b><br>11.009 | <b>Ud Bomba dosificadora de nutrientes</b><br>Bomba dosificadora de nutrientes modelo GALa 0220 PPE 200UA012000 para bombeo de un caudal de 19 l/h a 2 bar, de la casa Prominent, o similar, con cable de control universal de 10 m 5 polos, soporte para bomba y 50 m de tubo flexible                                                 |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0209</b><br>11.010 | <b>Ud Soplantes de proceso</b><br>Soplantes de proceso, modelo SEM 8 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 250 Nm <sup>3</sup> aire/h, presión diferencial 0,9 bar, motor de accionamiento de 15 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje                                  |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0210</b><br>11.011 | <b>Ud Soplante de lavado</b><br>Soplante de lavado, modelo SEM 12 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 800 Nm <sup>3</sup> aire/h, presión diferencial 0,95 bar, motor de accionamiento de 45 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje                                    |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0211</b><br>11.012 | <b>Ud Bombas centrífugas horizontales</b><br>Bombas centrífugas horizontales para suministro de agua de limpieza modelo IN-125/250A de la casa ITUR o similar, con motor de 7,5 kW para bombeo de 200 m <sup>3</sup> /h a 10 m.c.a.                                                                                                     |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00     | 0,00        |
| <b>C11M0212</b><br>11.013 | <b>Ud Regulador de nivel</b><br>Regulador de nivel para señalización de nivel mínimo en el depósito de clarificadas modelo ENM-10 de la casa Flygt, o similar, con 13 m de cable                                                                                                                                                        |      |          |         |        |           |          |          |             |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código                                | Descripción                                                                                                                                                                                  | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio €  | Presupuesto      |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|-----------|------------------|
|                                       |                                                                                                                                                                                              |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00      | 0,00             |
| <b>C11M0213</b><br>11.014             | <b>Ud Transmisor de nivel</b><br>Transmisor de nivel ECHOTREK por ultrasonidos NIVELCO para control del nivel en el depósito de clarificadas modelo STP-380-2 de la casa IBERFLUID o similar |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00      | 0,00             |
| <b>C11M0214</b><br>11.015             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                                              |      |          |         |        |           | 1,00     | 11.567,65 | 11.567,65        |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M02 .....</b> |                                                                                                                                                                                              |      |          |         |        |           |          |           | <b>11.567,65</b> |

### SUBCAPÍTULO C11M03 DEPÓSITOS Y RELLENO

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |       |           |                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|-------|-----------|------------------|
| <b>C11M0301</b><br>11.016             | <b>Ud Depósito de preparación de nutrientes</b><br>Depósito de preparación de nutrientes en poliéster reforzado con fibra de vidrio con soporte para bomba y agitador, de una capacidad de 3000 l                                         |  |  |  |  |  | 1,00  | 0,00      | 0,00             |
| <b>C11M0302</b><br>11.017             | <b>Ud Reactores</b><br>Reactores de 200 m3 de volumen útil, de 3,6 m de diámetro y 6,5 m de altura, de acero al carbono chorreado, con entradas y salidas embridadas, base para soporte del lecho de arlita y una boca de hombre de DN500 |  |  |  |  |  | 1,00  | 0,00      | 0,00             |
| <b>C11M0303</b><br>11.018             | <b>Ud Relleno filtrolita</b><br>m3 de relleno filtrolita, granulometría 3-3,5 mm                                                                                                                                                          |  |  |  |  |  | 41,00 | 0,00      | 0,00             |
| <b>C11M0304</b><br>11.019             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  | 1,00  | 12.709,02 | 12.709,02        |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M03 .....</b> |                                                                                                                                                                                                                                           |  |  |  |  |  |       |           | <b>12.709,02</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

Código Descripción Uds. Longitud Anchura Altura Parciales Medición Precio € Presupuesto

### SUBCAPÍTULO C11M04 VALVULERÍA

|                           |                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |      |      |      |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|------|------|
| <b>C11M0401</b><br>11.020 | <b>Ud Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de proceso, con<br>tajadera inox, DN100                                       |  |  |  |  |  | 3,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0402</b><br>11.021 | <b>Ud Válvula tajadera neumática doble efecto alimentación</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua<br>de proceso, con tajadera inox, DN100         |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0403</b><br>11.022 | <b>Ud Válvula tajadera manual de alimentación de aire</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de aire de lavado, con<br>tajadera inox, DN150                                  |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0404</b><br>11.023 | <b>Ud Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. aire</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de aire de<br>lavado, con tajadera inox, DN150          |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0405</b><br>11.024 | <b>Ud Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de lavado, con<br>tajadera inox, DN200                                        |  |  |  |  |  | 3,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0406</b><br>11.025 | <b>Ud Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. agua</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua<br>de lavado, con tajadera inox, DN200          |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0407</b><br>11.026 | <b>Ud Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas clarificadas de biofiltros,<br>con tajadera inox, DN150                            |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0408</b><br>11.027 | <b>Ud Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas<br>clarificadas de biofiltros, con tajadera inox, DN150 |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| <b>C11M0409</b><br>11.028 | <b>Ud Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas de lavado de biofiltros,<br>con tajadera inox, DN200                               |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00 | 0,00 |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código                                | Descripción                                                                                                                                                                  | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio €        | Presupuesto |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|-----------------|-------------|
| <b>C11M0410</b><br>11.029             | <b>Ud Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas de lavado de biofiltros, con tajadera inox, DN200 |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00            | 0,00        |
| <b>C11M0411</b><br>11.030             | <b>Ud Válvula de retención de bola</b><br>Válvula de retención de bola para alimentación de agua de proceso a biofiltro, DN100                                               |      |          |         |        |           | 1,00     | 0,00            | 0,00        |
| <b>C11M0412</b><br>11.031             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                              |      |          |         |        |           | 1,00     | 2.108,00        | 2.108,00    |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M04 .....</b> |                                                                                                                                                                              |      |          |         |        |           |          | <b>2.108,00</b> |             |

### SUBCAPÍTULO C11M05 CALDERERÍA

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |        |                 |          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--------|-----------------|----------|
| <b>C11M0501</b><br>11.032             | <b>Ud Toberas filtrantes</b><br>Toberas filtrantes modelo D-2,0-M24-50-140, con su correspondiente tuerca, todo ello fabricado en PP, de la casa LIFERTECH o similar, para la inyección del agua y el aire al lecho de arena de los biofiltros                              |  |  |  |  |  | 300,00 | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0502</b><br>11.033             | <b>Ud Difusores cerámicos</b><br>Difusores cerámicos para el aporte de aire de proceso, con base Difusor Sanitaire y disco cerámico de D180 x 8 mm, incluida instalación de tuberías y montaje de todo el conjunto                                                          |  |  |  |  |  | 44,00  | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0503</b><br>11.034             | <b>Ud Instalación de tuberías</b><br>Instalación de tuberías de trasvase de agua y aire, tanto de lavado como de proceso, incluyendo tuberías, codos, bridas, conexiones en T, elementos de soportaje y montaje de todo el conjunto, todo ello en acero inoxidable AISI-304 |  |  |  |  |  | 1,00   | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0504</b><br>11.035             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  | 1,00   | 5.000,05        | 5.000,05 |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M05 .....</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |  |  |        | <b>5.000,05</b> |          |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|

### SUBCAPÍTULO C11M06 HERRERÍA

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |      |                 |          |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|-----------------|----------|
| <b>C11M0601</b><br>11.036             | <b>Ud Escaleras de acceso a la pasarela</b><br>Escaleras de acceso a la pasarela situada a 5,5 m de altura, construido en acero al carbono galvanizado, con barandilla y peldaños de tramex                                                                         |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0602</b><br>11.037             | <b>Ud Pasarela de acceso</b><br>Pasarela de acceso al reactor instalada 5,5 m de altura, sobre los soportes colocados a tal fin en el depósito de poliéster, construido en acero al carbono galvanizado, con plataforma de tramex y barandilla en todo el perímetro |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0603</b><br>11.038             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  | 1,00 | 2.030,86        | 2.030,86 |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M06 .....</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |      | <b>2.030,86</b> |          |

### SUBCAPÍTULO C11M07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |      |                 |          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|------|-----------------|----------|
| <b>C11M0701</b><br>11.039             | <b>Ud Cuadro eléctrico</b><br>Cuadro eléctrico de control de la planta, con autómata programable, variadores de frecuencia para actuar sobre bombas y soplantes, contactores, disyuntores, etc., esquemas eléctricos, instalación del cuadro en planta, conexión de todos los equipos al mismo. Quedan excluidos la programación del autómata, el scada y el run time |  |  |  |  |  | 1,00 | 0,00            | 0,00     |
| <b>C11M0702</b><br>11.040             | <b>Ud TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  | 1,00 | 4.604,86        | 4.604,86 |
| <b>TOTAL SUBCAPÍTULO C11M07 .....</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |  |  |  |      | <b>4.604,86</b> |          |

**TOTAL CAPÍTULO C11 INSTALACIÓN DE BIOFILTRO.....** **64.767,23**

=====



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## MEDICIONES Y PRESUPUESTOS

| Código | Descripción | Uds. | Longitud | Anchura | Altura | Parciales | Medición | Precio € | Presupuesto |
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
|--------|-------------|------|----------|---------|--------|-----------|----------|----------|-------------|

### CAPÍTULO C12 SEGURIDAD Y SALUD

C12M01  
12.001

Ud ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1,00 10.614,22 10.614,22

**TOTAL CAPÍTULO C12 SEGURIDAD Y SALUD. ....**

**10.614,22**

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago  
Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*

**CUADRO  
DE  
PRECIOS**

# **CUADRO DE PRECIOS**

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

**Nº1. MANO DE OBRA Y MAQUINARIA**

**Nº2. MATERIALES A PIE DE OBRA**

**Nº3. PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA**

**(PRECIO EN LETRA)**

**Nº4. PRECIOS DE UNIDADES DE OBRA**

**(PRECIO DESCOMPUESTO)**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº1

### CUADRO DE PRECIOS Nº1: MANO DE OBRA Y MAQUINARIA

#### U01 MANO DE OBRA

| Código   | Ud. | Descripción                                 | Precio € |
|----------|-----|---------------------------------------------|----------|
| U01AA007 | Hr  | Oficial primera                             | 16,17    |
| U01AA009 | Hr  | Ayudante                                    | 14,85    |
| U01AA010 | Hr  | Peón especializado                          | 14,56    |
| U01AA011 | Hr  | Peón suelto                                 | 14,41    |
| U01AA015 | Hr  | Maquinista o conductor                      | 14,80    |
| U01F05   | M2  | M.O.colocación panel                        | 8,50     |
| U01F6    | M2  | M.O.colocación puerta metélica              | 7,60     |
| U01F61   | M2  | Puerta metálica de 4m x4m c.puerta abatible | 142,56   |
| U01FA201 | Hr  | Oficial 1ª ferralla                         | 18,00    |
| U01FA204 | Hr  | Ayudante ferralla                           | 16,50    |
| U01FG405 | Hr  | Montaje estructura metal.                   | 17,20    |
| U01FX001 | Hr  | Oficial cerrajería                          | 15,90    |
| U01FX003 | Hr  | Ayudante cerrajería                         | 13,80    |
| U01FY630 | Hr  | Oficial primera electricista                | 16,50    |
| U01FY635 | Hr  | Ayudante electricista                       | 13,90    |

#### U02 MAQUINARIA

| Código   | Ud. | Descripción                          | Precio € |
|----------|-----|--------------------------------------|----------|
| U02AK001 | Hr  | Martillo compresor 2.000 l/min       | 4,00     |
| U02C051  | Ud  | Panel hormigón prefabricado de 12 cm | 68,56    |
| U02FA001 | Hr  | Pala cargadora 1,30 M3.              | 22,00    |
| U02FK001 | Hr  | Retroexcavadora                      | 28,00    |
| U02FK005 | Hr  | Retro-Pala excavadora                | 30,00    |
| U02FN005 | Hr  | Motoniveladora media 110 CV          | 30,00    |
| U02FP021 | Hr  | Rulo autopropulsado 10 a 12 T        | 40,00    |
| U02JA003 | Hr  | Camión 10 T. basculante              | 34,00    |
| U02LA201 | Hr  | Hormigonera 250 l.                   | 1,30     |
| U02SW001 | Lt  | Gasóleo A                            | 1,06     |
| U02SW005 | Ud  | Kilowatio                            | 0,14     |

Soria, Junio 2015

Fdo.: Sara Andrés Santiago  
Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº2

### CUADRO DE PRECIOS Nº2: MATERIALES A PIES DE OBRA

#### U04 ÁRIDOS, CONGLOM., ADITIVOS Y VARIOS

| Código   | Ud. | Descripción                      | Precio € |
|----------|-----|----------------------------------|----------|
| U04AA101 | Tm  | Arena de río (0-5mm)             | 16,33    |
| U04AF050 | Tm  | Gravilla 5/20 mm.                | 29,00    |
| U04AF150 | Tm  | Garbancillo 20/40 mm.            | 31,10    |
| U04CA001 | Tm  | Cemento CEM II/B-P 32,5 R Granel | 108,20   |
| U04MA710 | M3  | Hormigón HM-25/P/40/ I central   | 97,18    |
| U04MA733 | M3  | Hormigón HA-25/P/40/ Ila central | 99,07    |
| U04PY001 | M3  | Agua                             | 1,44     |

#### U05 RED HORIZONTAL DE SANEAMIENTO

| Código   | Ud. | Descripción                     | Precio € |
|----------|-----|---------------------------------|----------|
| U05AA004 | MI  | Tubo horm. centrif. 25 cm.      | 7,40     |
| U05AG000 | MI  | Tubería PVC sanitario D=75      | 1,80     |
| U05AG003 | MI  | Tubería PVC sanitario D=125     | 3,33     |
| U05AG029 | Ud  | Abrazadera tubo PVC D=75        | 1,34     |
| U05AG032 | Ud  | Abrazadera tubo PVC D=125       | 1,92     |
| U05AG040 | Kg  | Pegamento PVC                   | 9,97     |
| U05DA025 | Ud  | Arqueta polipropileno 40x40 cm  | 31,80    |
| U05DA033 | Ud  | Cerco PVC 40x40 cm              | 5,52     |
| U05DA038 | Ud  | Tapa/rej. PVC peatonal 40x40 cm | 20,87    |

#### U06 ACERO PARA ARMAR Y TALLER

| Código   | Ud. | Descripción                          | Precio € |
|----------|-----|--------------------------------------|----------|
| U06AA001 | Kg  | Alambre atar 1,3 mm.                 | 1,13     |
| U06DA005 | Kg  | Puntas plana 17x70                   | 1,47     |
| U06FA020 | Kg  | Varilla lisa de 12 mm.               | 0,73     |
| U06GD010 | Kg  | Acero corrugado elaborado y colocado | 1,01     |
| U06GG001 | Kg  | Acero corrugado B 500-S              | 0,80     |
| U06JA001 | Kg  | Acero laminado S275J0                | 1,02     |
| U06QH010 | Kg  | Chapón cortado a medida de 15 mm     | 0,73     |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº2

| <b>U07 MADERA PARA ENCOFRAR Y CUBRIR</b> |     |                              |          |
|------------------------------------------|-----|------------------------------|----------|
| Código                                   | Ud. | Descripción                  | Precio € |
| U07AI001                                 | M3  | Madera pino encofrar 26 mm.  | 136,00   |
| U07GA005                                 | M2  | Tablero encofrar 25 mm. 4 p. | 3,22     |

| <b>U30 ELECTRICIDAD</b> |     |                                        |          |
|-------------------------|-----|----------------------------------------|----------|
| Código                  | Ud. | Descripción                            | Precio € |
| U30AC010                | Ud  | Tramita.-contrata.electri/Kw           | 51,00    |
| U30CG001                | Ud  | Caja protecci.100A(III+N)+F            | 77,34    |
| U30ER115                | MI  | Conductor ES07Z1-K 1,5(Cu)             | 1,20     |
| U30GA001                | MI  | Conductor cobre desnudo 35mm2          | 4,02     |
| U30GA010                | Ud  | Pica de tierra 2000/14,3 i/bri         | 13,60    |
| U30IA010                | Ud  | Diferencial 25A/2p/30mA                | 44,51    |
| U30IA025                | Ud  | Diferencial 63A/4p/30mA                | 479,46   |
| U30IM001                | Ud  | Cuadro eléctrico metálico              | 124,30   |
| U30JA008                | MI  | Conductor 0,6/1Kv 2x1,5 (Cu)           | 0,74     |
| U30JA027                | MI  | Conductor 0,6/1 Kv 6x10 (Cu)           | 4,27     |
| U30JA342                | MI  | Conductor 0,6/1 Kv 1 x 120 (Cu)        | 15,45    |
| U30JA344                | MI  | Conductor 0,6/1kv 1 x 35 (Cu)          | 4,90     |
| U30JA345                | MI  | Conductor 0,6/1kv 1x16 (Cu)            | 2,40     |
| U30JW001                | MI  | Conductor rígido 750V;1,5(Cu)          | 0,30     |
| U30JW071                | MI  | Conductor ES07Z1-K 16(Cu)              | 4,16     |
| U30JW120                | MI  | Tubo PVC corrugado M 20/gp5            | 0,56     |
| U30JW125                | MI  | Tubo PVC rígido M 20/gp5               | 1,33     |
| U30JW130                | MI  | Tubo PVC rígido D=50                   | 5,55     |
| U30JW501                | Ud  | Caja estanca "plexo" D=80              | 1,38     |
| U30JW551                | Ud  | Caja metálica Crady                    | 3,40     |
| U30JW745                | Ud  | Bandeja rejilla 300x60 mm + accesorios | 11,25    |
| U30QA110                | Ud  | Bloque emerg.s/215 LEGRAND-C3          | 60,54    |

| <b>U35 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS</b> |     |                          |          |
|----------------------------------------|-----|--------------------------|----------|
| Código                                 | Ud. | Descripción              | Precio € |
| U35AA010                               | Ud  | Extintor polvo ABC 9 Kg. | 55,71    |
| U35MC005                               | Ud  | Pla.salida emer.297x148  | 8,20     |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº2

### CUADRO DE PRECIOS Nº2: MATERIALES A PIES DE OBRA

| Z99 OTROS PRECIOS |           |                                                      |                  |
|-------------------|-----------|------------------------------------------------------|------------------|
| Código            | Ud.       | Descripción                                          | Precio €         |
| C04M011           | Ud        | Panel sandwich                                       | 25,26            |
| C070102           | Ud        | Partida alzada en material eléctrico                 | 2,36             |
| C07M01011         | Ud        | Campana luminaria LED 200w                           | 299,00           |
| C10L1             | M         | Tubería de agua                                      | 21.984,86        |
| C10M10            | Ud        | VÁLVULAS                                             | 13.001,63        |
| C10M101           | M2        | M.O.colocación maquinaria                            | 8,70             |
| C10M102           | M2        | Bombona de oxígeno                                   | 850,00           |
| C10M201           | M1        | M.O. colocación de maquinaria                        | 8,70             |
| C10M202           | M1        | Generador de ozono                                   | 45.650,00        |
| C10M301           | M2        | M.O. colocación maquinaria                           | 8,70             |
| C10M302           | M2        | Destructor de ozono a empresa WEDECO                 | 2.360,00         |
| C10M401           | M2        | M.O.colocación maquinaria                            | 8,70             |
| C10M402           | M2        | Tanque de almacenamiento 1                           | 64.653,21        |
| C10M501           | M2        | M.O. colocación maquinaria                           | 8,70             |
| C10M502           | M2        | Tanque de almacenamiento                             | 124.044,95       |
| C10M601           | M2        | M.O.colocación maquinaria                            | 8,70             |
| C10M602           | M2        | Bombas centrífugas a empresa EBARA S.A.              | 2.610,00         |
| C10M701           | M2        | M.O.colocación maquinaria                            | 8,70             |
| C10M8001          | M2        | Tubería de ozono                                     | 317,79           |
| C10M802           | Ud        | Reactor de Ozonización                               | 55.647,43        |
| C11M01011         | Ud        | Depósito de hormigón                                 | 26.746,79        |
| C11M0201          | Ud        | Bomba de alimentación a biofiltros                   |                  |
| C11M0202          | Ud        | Regulador de nivel                                   |                  |
| C11M0203          | Ud        | Transmisor de nivel                                  |                  |
| C11M0204          | Ud        | Medidor de caudal                                    |                  |
| C11M0205          | Ud        | Medidor de oxígeno                                   |                  |
| C11M0206          | Ud        | Transmisor de presión                                |                  |
| C11M0207          | Ud        | Agitador de nutrientes                               |                  |
| C11M0208          | Ud        | Bomba dosificadora de nutrientes                     |                  |
| C11M0209          | Ud        | Soplantes de proceso                                 |                  |
| C11M0210          | Ud        | Soplante de lavado                                   |                  |
| C11M0211          | Ud        | Bombas centrífugas horizontales                      |                  |
| C11M0212          | Ud        | Regulador de nivel                                   |                  |
| C11M0213          | Ud        | Transmisor de nivel                                  |                  |
| <b>C11M02141</b>  | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                         | <b>11.567,65</b> |
| C11M0301          | Ud        | Depósito de preparación de nutrientes                |                  |
| C11M0302          | Ud        | Reactores                                            |                  |
| C11M0303          | Ud        | Relleno filtrólita                                   |                  |
| <b>C11M03041</b>  | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                         | <b>12.709,02</b> |
| C11M0401          | Ud        | Válvula tajadera manual alimentación agua            |                  |
| C11M0402          | Ud        | Válvula tajadera neumática doble efecto alimentación |                  |
| C11M0403          | Ud        | Válvula tajadera manual de alimentación de aire      |                  |
| C11M0404          | Ud        | Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. aire |                  |
| C11M0405          | Ud        | Válvula tajadera manual alimentación agua            |                  |
| C11M0406          | Ud        | Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. agua |                  |
| C11M0407          | Ud        | Válvula tajadera manual de salida de agua            |                  |
| C11M0408          | Ud        | Válvula tajadera neumática de doble efecto salida    |                  |
| C11M0409          | Ud        | Válvula tajadera manual de salida de agua            |                  |
| C11M0410          | Ud        | Válvula tajadera neumática de doble efecto salida    |                  |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº2

|                  |           |                                         |                 |
|------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------------|
| C11M0411         | Ud        | Válvula de retención de bola            |                 |
| <b>C11M04121</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                            | <b>2.108,00</b> |
| C11M0501         | Ud        | Toberas filtrantes                      |                 |
| C11M0502         | Ud        | Difusores cerámicos                     |                 |
| C11M0503         | Ud        | Instalación de tuberías                 |                 |
| <b>C11M05041</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                            | <b>5.000,05</b> |
| C11M0601         | Ud        | Escaleras de acceso a la pasarela       |                 |
| C11M0602         | Ud        | Pasarela de acceso                      |                 |
| <b>C11M06031</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                            | <b>2.030,86</b> |
| C11M0701         | Ud        | Cuadro eléctrico                        |                 |
| <b>C11M07021</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                            | <b>4.604,86</b> |
| C12M01           | Ud        | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD            | 10.614,22       |
| D26HE007         | Ud        | Acometida                               | 120,20          |
| D26HI007         | Ud        | Interruptor magnetotérmico 2 polos 10 A | 5,00            |
| D26HI008         | Ud        | Interruptor magnetotérmico              | 62,08           |

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*  
*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*



## CUADRO DE PRECIOS Nº3

### PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)

#### CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

| Código                                                                                                            | Cantidad | Ud. | Descripción                            | Precio € | Importe       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|----------------------------------------|----------|---------------|
| <b>1.001 D02AA501 M2</b>                                                                                          |          |     | <b>DESB. Y LIMP. TERRENO A MÁQUINA</b> |          |               |
| M2. Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte y con p.p. de costes indirectos. |          |     |                                        |          |               |
| A03CA005                                                                                                          | 0,010    | Hr  | CARGADORA S/NEUMÁTICOS C=1,30 M3       | 54,90    | 0,55          |
| %CI                                                                                                               | 0,006    | %   | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00     | 0,02          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                    |          |     |                                        |          | <b>0,57 €</b> |

Son CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

#### 1.002 D02HF100 M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS SANEA. T.F

M3. Excavación mecánica de zanjas de saneamiento, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.

|                                |       |    |                                 |       |                |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|-------|----------------|
| U01AA011                       | 0,300 | Hr | Peón suelto                     | 14,41 | 4,32           |
| A03CF010                       | 0,100 | Hr | RETROPALA S/NEUMÁ. ARTIC 102 CV | 60,52 | 6,05           |
| %CI                            | 0,104 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00  | 0,31           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |       | <b>10,68 €</b> |

Son DIEZ EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS

#### 1.003 D02HF105 M3 EXCAV. MECÁN. ZANJAS INSTAL. T.F.

M3. Excavación mecánica de zanjas para alojar instalaciones, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.

|                                |       |    |                                 |       |                |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|-------|----------------|
| U01AA011                       | 0,300 | Hr | Peón suelto                     | 14,41 | 4,32           |
| A03CF005                       | 0,110 | Hr | RETROEXCAVADORA S/NEUMÁT 117 CV | 62,56 | 6,88           |
| %CI                            | 0,112 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00  | 0,34           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |       | <b>11,54 €</b> |

Son ONCE EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

#### 1.004 D02KF001 M3 EXCAV. MECÁN. POZOS T. FLOJO

M3. Excavación, con retroexcavadora, de terreno de consistencia floja, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes, i/p.p. de costes indirectos.

|                                |       |    |                                 |       |                |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|-------|----------------|
| U01AA011                       | 0,250 | Hr | Peón suelto                     | 14,41 | 3,60           |
| A03CF010                       | 0,150 | Hr | RETROPALA S/NEUMÁ. ARTIC 102 CV | 60,52 | 9,08           |
| %CI                            | 0,127 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00  | 0,38           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |       | <b>13,06 €</b> |

Son TRECE EUROS CON SEIS CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                              | Cantidad | Ud. | Descripción                              | Precio € | Importe       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|------------------------------------------|----------|---------------|
| <b>1.005 D02TF151 M3</b>                                                                                                                                            |          |     | <b>RELLENO Y COMPAC. MECÁN. S/APORTE</b> |          |               |
| M3. Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos. |          |     |                                          |          |               |
| U01AA011                                                                                                                                                            | 0,064    | Hr  | Peón suelto                              | 14,41    | 0,92          |
| U04PY001                                                                                                                                                            | 0,400    | M3  | Agua                                     | 1,44     | 0,58          |
| A03CA005                                                                                                                                                            | 0,016    | Hr  | CARGADORA S/NEUMÁTICOS C=1,30 M3         | 54,90    | 0,88          |
| A03CI010                                                                                                                                                            | 0,012    | Hr  | MOTONIVELADORA C/ESCARIF. 110 CV         | 60,52    | 0,73          |
| A03FB010                                                                                                                                                            | 0,012    | Hr  | CAMIÓN BASCULANTE 10 Tn.                 | 69,16    | 0,83          |
| U02FP021                                                                                                                                                            | 0,072    | Hr  | Rulo autopropulsado 10 a 12 T            | 40,00    | 2,88          |
| %CI                                                                                                                                                                 | 0,068    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,20          |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                          |          |     |                                          |          | <b>7,02 €</b> |

---

Son SIETE EUROS CON DOS CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN**

| Código                                                                                                         | Cantidad | Ud.       | Descripción                    | Precio € | Importe       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|--------------------------------|----------|---------------|
| <b>2.001 D04AA201</b>                                                                                          |          | <b>Kg</b> | <b>ACERO CORRUGADO B 500-S</b> |          |               |
| Kg. Acero corrugado B 500-S incluso cortado, doblado, armado y colocado en obra, i/p.p. de mermas y despuntes. |          |           |                                |          |               |
| U01FA201                                                                                                       | 0,015    | Hr        | Oficial 1ª ferralla            | 18,00    | 0,27          |
| U01FA204                                                                                                       | 0,015    | Hr        | Ayudante ferralla              | 16,50    | 0,25          |
| U06AA001                                                                                                       | 0,005    | Kg        | Alambre atar 1,3 mm.           | 1,13     | 0,01          |
| U06GG001                                                                                                       | 1,050    | Kg        | Acero corrugado B 500-S        | 0,80     | 0,84          |
| %CI                                                                                                            | 0,014    | %         | Costes indirectos..(s/total)   | 3,00     | 0,04          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                 |          |           |                                |          | <b>1,41 €</b> |

Son UN EURO CON CUARENTA Y UN CÉNTIMO

|                                                                                                                                                                                                                                                                |        |           |                                        |       |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|----------------------------------------|-------|----------------|
| <b>2.002 D04AK015</b>                                                                                                                                                                                                                                          |        | <b>Ud</b> | <b>PLACA CIMENTACIÓN 40x40x1.5 cm.</b> |       |                |
| Ud. Placa de anclaje de acero A-42b en perfil plano para cimentación, de dimensiones 40x40x1'5 cm. con cuatro patillas de redondo liso de 12 mm. de diámetro, con una longitud cada una de ellas de 60 cm., soldadas, i/ taladro central, totalmente colocada. |        |           |                                        |       |                |
| U01FX001                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,250  | Hr        | Oficial cerrajería                     | 15,90 | 3,98           |
| U01FX003                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,200  | Hr        | Ayudante cerrajería                    | 13,80 | 2,76           |
| U01AA007                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,300  | Hr        | Oficial primera                        | 16,17 | 4,85           |
| U06QH010                                                                                                                                                                                                                                                       | 19,200 | Kg        | Chapón cortado a medida de 15 mm       | 0,73  | 14,02          |
| U06FA020                                                                                                                                                                                                                                                       | 2,150  | Kg        | Varilla lisa de 12 mm.                 | 0,73  | 1,57           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,272  | %         | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00  | 0,82           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                 |        |           |                                        |       | <b>28,00 €</b> |

Son VEINTIOCHO EUROS

|                                                                                                                                                                                                                                                               |       |           |                                              |       |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|----------------------------------------------|-------|-----------------|
| <b>2.003 D04GA102</b>                                                                                                                                                                                                                                         |       | <b>M3</b> | <b>HORM. HA-25/P/40/ Ila Ci. V. M. CENT.</b> |       |                 |
| M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ Ila N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas, zanjas de cimentación y vigas riostra, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE. |       |           |                                              |       |                 |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,600 | Hr        | Peón suelto                                  | 14,41 | 23,06           |
| A02FA733                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000 | M3        | HORM. HA-25/P/40/ Ila CENTRAL                | 99,07 | 99,07           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,221 | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00  | 3,66            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                |       |           |                                              |       | <b>125,79 €</b> |

Son CIENTO VEINTICINCO EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                       |       |           |                                              |       |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|----------------------------------------------|-------|-----------------|
| <b>2.004 D04GC102</b>                                                                                                                                                                                                                 |       | <b>M3</b> | <b>HOR. HA-25/P/40/ Ila ZAP. V. M. CENT.</b> |       |                 |
| M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ Ila N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas de cimentación, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE. |       |           |                                              |       |                 |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                              | 1,550 | Hr        | Peón suelto                                  | 14,41 | 22,34           |
| A02FA733                                                                                                                                                                                                                              | 1,000 | M3        | HORM. HA-25/P/40/ Ila CENTRAL                | 99,07 | 99,07           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                   | 1,214 | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00  | 3,64            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                        |       |           |                                              |       | <b>125,05 €</b> |

Son CIENTO VEINTICINCO EUROS CON CINCO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                                                                 | Cantidad | Ud. | Descripción                  | Precio € | Importe        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|------------------------------|----------|----------------|
| <b>2.005 D04PK010 M2 SOLERA HORM. H-150/20 e=10 cm.</b>                                                                                                                                                |          |     |                              |          |                |
| M2. Solera de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón H-150 Kg/cm2. Tmáx. del árido 20 mm. elaborado en obra i/vertido y colocado y p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según EH-91. |          |     |                              |          |                |
| U01AA007                                                                                                                                                                                               | 0,150    | Hr  | Oficial primera              | 16,17    | 2,43           |
| U01AA011                                                                                                                                                                                               | 0,150    | Hr  | Peón suelto                  | 14,41    | 2,16           |
| A02AA301                                                                                                                                                                                               | 0,100    | M3  | HORMIGÓN H-150/20 elab. obra | 110,89   | 11,09          |
| %CI                                                                                                                                                                                                    | 0,157    | %   | Costes indirectos..(s/total) | 3,00     | 0,47           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                         |          |     |                              |          | <b>16,15 €</b> |

Son DIECISEIS EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS

---



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C03 ESTRUCTURAS**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Cantidad        | Ud.       | Descripción                  | Precio € | Importe       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------|----------|---------------|
| <b>3.001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>D05AA010</b> | <b>Kg</b> | <b>ACERO S275 EN CERCHAS</b> |          |               |
| Kg. Acero laminado S275 en cerchas, con una tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , i/p.p. de despuntes y dos manos imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado, según CTE/ DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |                 |           |                              |          |               |
| U01FG405                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,042           | Hr        | Montaje estructura metal.    | 17,20    | 0,72          |
| U06JA001                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,000           | Kg        | Acero laminado S275J0        | 1,02     | 1,02          |
| U36IA010                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,010           | Lt        | Minio electrolítico          | 9,70     | 0,10          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,018           | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00     | 0,05          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |           |                              |          | <b>1,89 €</b> |

Son UN EURO CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                 |           |                                        |       |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------|-------|---------------|
| <b>3.002</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>D05AA003</b> | <b>Kg</b> | <b>ACERO S275 EN ELEMENT. ESTRUCT.</b> |       |               |
| Kg. Acero laminado en perfiles S275, colocado en elementos estructurales aislados, tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , con ó sin soldadura, i/p.p. de placas de apoyo, y pintura antioxidante, dos capas, según CTE/ DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |                 |           |                                        |       |               |
| U01FG405                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,034           | Hr        | Montaje estructura metal.              | 17,20 | 0,58          |
| U06JA001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,000           | Kg        | Acero laminado S275J0                  | 1,02  | 1,02          |
| U36IA010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,010           | Lt        | Minio electrolítico                    | 9,70  | 0,10          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,017           | %         | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00  | 0,05          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                 |           |                                        |       | <b>1,75 €</b> |

Son UN EURO CON SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C04 CUBIERTA**

| Código       | Cantidad      | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Precio € | Importe        |
|--------------|---------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>4.001</b> | <b>C04M01</b> | <b>Ud</b> | <b>Panel sandwich</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |          |                |
|              |               |           | Panel sandwich de la casa PACESA, más concretamente el panel cubierta PC-1000 o similar de 30 mm de espesor, conformado de dos chapas de acero laminado en frío, lacadas o galvanizadas y unidades entre sí por un núcleo central aislante de espuma rígida de poliuretano expandido, con una densidad media de 40 kg/m3.<br>Se instala el panel sandwich sobre las correas metálicas y se sujetarán a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforen en la cresta de la greca |          |                |
| C04M011      | 1,000         | Ud        | Panel sandwich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 25,26    | 25,26          |
|              |               |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          | <b>25,26 €</b> |

Son VEINTICINCO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C05 CERRAMIENTOS**

| Código                         | Cantidad     | Ud.       | Descripción                                    | Precio € | Importe        |
|--------------------------------|--------------|-----------|------------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>5.001</b>                   | <b>D0501</b> | <b>Ud</b> | <b>PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN DE 12 cm</b> |          |                |
| U02C051                        | 1,000        | Ud        | Panel hormigón prefabricado de 12 cm           | 68,56    | 68,56          |
| U01F05                         | 1,000        | M2        | M.O.colocación panel                           | 8,50     | 8,50           |
| U01F6                          | 1,000        | M2        | M.O.colocación puerta metélica                 | 7,60     | 7,60           |
| %CI                            | 0,847        | %         | Costes indirectos..(s/total)                   | 3,00     | 2,54           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |              |           |                                                |          | <b>87,20 €</b> |

Son OCHENTA Y SIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C06 CARPINTERÍA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Cantidad     | Ud.       | Descripción                                 | Precio € | Importe         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>6.001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>C0601</b> | <b>Ud</b> | <b>PUERTA METALICA CORREDERA</b>            |          |                 |
| Puerta metálica corredera con ejes perpendiculares y perfiles conformados en frío de fleje de acero galvanizado, doble agrfado, de espesor mínimo de 0,8mm incluso bulones, junquillos, cantoneras, parillas de fijación, herrajes de colgar y seguridad y p.p. de sellado de juntas con masilla elástica. construido según NTE/FCA-26. Con puerta de acceso individual abatible de 2x1m. Medida de fuera a fuera del cerco. |              |           |                                             |          |                 |
| U01F6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000        | M2        | M.O.colocación puerta metélica              | 7,60     | 7,60            |
| U01F61                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,000        | M2        | Puerta metálica de 4m x4m c.puerta abatible | 142,56   | 142,56          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,502        | %         | Costes indirectos..(s/total)                | 3,00     | 4,51            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |           |                                             |          | <b>154,67 €</b> |

Son CIENTO CIENCUENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Cantidad | Ud.       | Descripción                              | Precio € | Importe         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>7.001 D27CG001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                     |          | <b>Ud</b> | <b>CAJA GRAL. PROTECCIÓN 100A(TRIF.)</b> |          |                 |
| Ud. Caja general de protección 100A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 100A para protección de la línea general de alimentación situada en fachada o nicho mural. ITC-BT-13 cumpliran con las UNE-EN 60.439-1, UNE-EN 60.439-3, y grado de proteccion de IP43 e IK08. |          |           |                                          |          |                 |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,000    | Hr        | Oficial primera electricista             | 16,50    | 16,50           |
| U01FY635                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,000    | Hr        | Ayudante electricista                    | 13,90    | 13,90           |
| U30CG001                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 1,000    | Ud        | Caja protecci.100A(III+N)+F              | 77,34    | 77,34           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,077    | %         | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 3,23            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |          |           |                                          |          | <b>110,97 €</b> |

Son CIENTO DIÉZ EUROS CON NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       |           |                                    |       |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------|-------|----------------|
| <b>7.002 D27QA52</b>                                                                                                                                                                                                                                                                            |       | <b>Ud</b> | <b>PUNTO EMERG. 183 LÚM/36 m2.</b> |       |                |
| Ud. Punto de luz emergencia-señalización para garaje realizado en canalización superficial de PVC rígido M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5 mm2, así como p/p de línea de alimentación, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado. |       |           |                                    |       |                |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,430 | Hr        | Oficial primera electricista       | 16,50 | 7,10           |
| U30JW125                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4,000 | MI        | Tubo PVC rígido M 20/gp5           | 1,33  | 5,32           |
| U30JW001                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 8,000 | MI        | Conductor rígido 750V;1,5(Cu)      | 0,30  | 2,40           |
| U30JW501                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000 | Ud        | Caja estanca "plexo" D=80          | 1,38  | 1,38           |
| U30QA110                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000 | Ud        | Bloque emerg.s/215 LEGRAND-C3      | 60,54 | 60,54          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,767 | %         | Costes indirectos..(s/total)       | 3,00  | 2,30           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |           |                                    |       | <b>79,04 €</b> |

Son SETENTA Y NUEVE EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS

|                                                                       |       |           |                                    |        |                 |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|-----------|------------------------------------|--------|-----------------|
| <b>7.003 C07M0101</b>                                                 |       | <b>Ud</b> | <b>Campana luminaria LED 200 w</b> |        |                 |
| Campana luminaria LED 200 W, de la casa LEDBOX. Totalmente instalada. |       |           |                                    |        |                 |
| C07M01011                                                             | 1,000 | Ud        | Campana luminaria LED 200w         | 299,00 | 299,00          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                        |       |           |                                    |        | <b>299,00 €</b> |

Son DOSCIENTOS NOVENTA Y NUEVE EUROS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |           |                                           |       |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|-------------------------------------------|-------|----------------|
| <b>7.004 D27HE001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |       | <b>MI</b> | <b>DERIVACIÓN INDIVIDUAL 3x16 mm2. Cu</b> |       |                |
| MI. Derivación individual ES07Z1-K 3x16 mm2., (delimitada entre la centralización de contadores y el cuadro de distribución), bajo tubo de PVC rígido D=32 y conductores de cobre de 16 mm2. aislados, para una tensión nominal de 750 V en sistema monofásico más protección, así como conductor "rojo" de 1,5 mm2 (tarifa nocturna), tendido mediante sus correspondientes accesorios a lo largo de la canaladura del tiro de escalera o zonas comunes. ITC-BT 15 y cumplira con la UNE 21.123 parte 4 ó 5. |       |           |                                           |       |                |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,150 | Hr        | Oficial primera electricista              | 16,50 | 2,48           |
| U01FY635                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,150 | Hr        | Ayudante electricista                     | 13,90 | 2,09           |
| U30JW071                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3,000 | MI        | Conductor ES07Z1-K 16(Cu)                 | 4,16  | 12,48          |
| U30JW130                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000 | MI        | Tubo PVC rígido D=50                      | 5,55  | 5,55           |
| U30ER115                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000 | MI        | Conductor ES07Z1-K 1,5(Cu)                | 1,20  | 1,20           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,238 | %         | Costes indirectos..(s/total)              | 3,00  | 0,71           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |           |                                           |       | <b>24,51 €</b> |

Son VEINTICUATRO EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                            | Cantidad        | Ud.       | Descripción                    | Precio € | Importe        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------|----------|----------------|
| <b>7.005</b>                                                                                                                                                      | <b>D27GA001</b> | <b>Ud</b> | <b>TOMA DE TIERRA (PICA)</b>   |          |                |
| Ud. Toma tierra con pica cobrizada de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre desnudo de 1x35 mm2. conexionado mediante soldadura aluminotérmica. ITC-BT 18 |                 |           |                                |          |                |
| U01FY630                                                                                                                                                          | 0,500           | Hr        | Oficial primera electricista   | 16,50    | 8,25           |
| U01FY635                                                                                                                                                          | 0,500           | Hr        | Ayudante electricista          | 13,90    | 6,95           |
| U30GA010                                                                                                                                                          | 1,000           | Ud        | Pica de tierra 2000/14,3 i/bri | 13,60    | 13,60          |
| U30GA001                                                                                                                                                          | 15,000          | MI        | Conductor cobre desnudo 35mm2  | 4,02     | 60,30          |
| %CI                                                                                                                                                               | 0,891           | %         | Costes indirectos..(s/total)   | 3,00     | 2,67           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                    |                 |           |                                |          | <b>91,77 €</b> |

Son NOVENTA Y UN EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS

|                                                                  |                 |           |                                     |  |               |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------------|--|---------------|
| <b>7.006</b>                                                     | <b>U30JA008</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1Kv 2x1,5 (Cu)</b> |  |               |
| Circuito 1. Alumbrado interno<br>Circuito 4. Destructor de ozono |                 |           |                                     |  |               |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                   |                 |           |                                     |  | <b>0,74 €</b> |

Son SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

|                                 |                 |           |                                     |  |               |
|---------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------------|--|---------------|
| <b>7.007</b>                    | <b>U30JA027</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1 Kv 6x10 (Cu)</b> |  |               |
| Circuito 2. Bombas de impulsión |                 |           |                                     |  |               |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>  |                 |           |                                     |  | <b>4,27 €</b> |

Son CUATRO EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS

|                                |                 |           |                                        |  |                |
|--------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------|--|----------------|
| <b>7.008</b>                   | <b>U30JA342</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1 Kv 1 x 120 (Cu)</b> |  |                |
| Cuadro general                 |                 |           |                                        |  |                |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |                 |           |                                        |  | <b>15,45 €</b> |

Son QUINCE EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

|                                |                 |           |                                      |  |               |
|--------------------------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|--|---------------|
| <b>7.009</b>                   | <b>U30JA344</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1kv 1 x 35 (Cu)</b> |  |               |
| Circuito 3. Generador de Ozono |                 |           |                                      |  |               |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |                 |           |                                      |  | <b>4,90 €</b> |

Son CUATRO EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS

|                                |                 |           |                                    |  |               |
|--------------------------------|-----------------|-----------|------------------------------------|--|---------------|
| <b>7.010</b>                   | <b>U30JA345</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1kv 1x16 (Cu)</b> |  |               |
| Circuito 5. Biofiltro          |                 |           |                                    |  |               |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |                 |           |                                    |  | <b>2,40 €</b> |

Son DOS EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción             | Precio € | Importe |
|--------|----------|-----|-------------------------|----------|---------|
| 7.011  | U30IA010 | Ud  | Diferencial 25A/2p/30mA |          |         |

TOTAL PARTIDA . . . . . 44,51 €

Son CUARENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS

|       |          |    |                         |  |  |
|-------|----------|----|-------------------------|--|--|
| 7.012 | U30IA025 | Ud | Diferencial 63A/4p/30mA |  |  |
|-------|----------|----|-------------------------|--|--|

TOTAL PARTIDA . . . . . 479,46 €

Son CUATROCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

|       |          |    |                           |  |  |
|-------|----------|----|---------------------------|--|--|
| 7.013 | U30IM001 | Ud | Cuadro eléctrico metálico |  |  |
|-------|----------|----|---------------------------|--|--|

Cuadro eléctrico metálico con unas dimensiones de 600 x 400 x 200 mm , totalmente instalado incluido p.p. de pequeño material eléctrico

TOTAL PARTIDA . . . . . 124,30 €

Son CIENTO VEINTICUATRO EUROS CON TREINTA CÉNTIMOS

|       |          |    |                                        |  |  |
|-------|----------|----|----------------------------------------|--|--|
| 7.014 | U30JW745 | Ud | Bandeja rejilla 300x60 mm + accesorios |  |  |
|-------|----------|----|----------------------------------------|--|--|

TOTAL PARTIDA . . . . . 11,25 €

Son ONCE EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS

|       |          |    |                             |  |  |
|-------|----------|----|-----------------------------|--|--|
| 7.015 | U30JW120 | MI | Tubo PVC corrugado M 20/gp5 |  |  |
|-------|----------|----|-----------------------------|--|--|

TOTAL PARTIDA . . . . . 0,56 €

Son CINCIENTA Y SEIS CÉNTIMOS

|       |          |    |                              |  |  |
|-------|----------|----|------------------------------|--|--|
| 7.016 | U30AC010 | Ud | Tramita.-contrata.electri/Kw |  |  |
|-------|----------|----|------------------------------|--|--|

TOTAL PARTIDA . . . . . 51,00 €

Son CINCUENTA Y UN EUROS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código       | Cantidad        | Ud.       | Descripción                | Precio €                       | Importe       |
|--------------|-----------------|-----------|----------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>7.017</b> | <b>U30JW551</b> | <b>Ud</b> | <b>Caja metálica Crady</b> |                                |               |
|              |                 |           |                            | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>3,40 €</b> |

Son TRES EUROS CON CUARENTA CÉNTIMOS

---

|              |                |           |                                                    |                                |                 |
|--------------|----------------|-----------|----------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| <b>7.018</b> | <b>D26HE07</b> | <b>Ud</b> | <b>Acometida de electricidad de la red general</b> |                                |                 |
| D26HE007     | 1,000          | Ud        | Acometida                                          | 120,20                         | 120,20          |
|              |                |           |                                                    | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>120,20 €</b> |

Son CIENTOVEINTE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS

---

|              |                |           |                                                |                                |               |
|--------------|----------------|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>7.019</b> | <b>D26HI07</b> | <b>Ud</b> | <b>Interruptor magnitotérmico 2 polos 10 A</b> |                                |               |
| D26HI007     | 1,000          | Ud        | Interruptor magnototérmico 2 polos 10 A        | 5,00                           | 5,00          |
|              |                |           |                                                | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>5,00 €</b> |

Son CINCO EUROS

---

|              |                |           |                                                |                                |                |
|--------------|----------------|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| <b>7.020</b> | <b>D26HI08</b> | <b>Ud</b> | <b>Interruptor magnototérmico 4 polos 50 A</b> |                                |                |
| D26HI008     | 1,000          | Ud        | Interruptor magnototérmico                     | 62,08                          | 62,08          |
|              |                |           |                                                | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>62,08 €</b> |

Son SESENTA Y DOS EUROS CON OCHO CÉNTIMOS

---

|              |                |           |                                                                                                         |                                |               |
|--------------|----------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>7.021</b> | <b>C070102</b> | <b>Ud</b> | <b>Partida alzada en material eléctrico</b>                                                             |                                |               |
|              |                |           | Partida alzada en material eléctrico, tales como interruptores de luz, regletas, cajas derivación, etc. |                                |               |
|              |                |           |                                                                                                         | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> | <b>2,36 €</b> |

Son DOS EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS

---



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C08 SANEAMIENTO**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                      | Cantidad | Ud.        | Descripción                            | Precio € | Importe        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|----------------------------------------|----------|----------------|
| <b>8.001 D03DB108</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |          | <b>Ud.</b> | <b>ARQUETA POLIPROPILENO 40X40 cm.</b> |          |                |
| Ud. Arqueta de Polipropileno (PP) de dimensiones 40x40x40 cm, JIMTEN 34003, formada por cerco y tapa o rejilla de PVC para cargas de zonas peatonales, acoplables entre sí y colocada sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2 de 10 cm de espesor incluida, según CTE/DB-HS 5. |          |            |                                        |          |                |
| U01AA007                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,000    | Hr         | Oficial primera                        | 16,17    | 16,17          |
| A02AA510                                                                                                                                                                                                                                                                    | 0,016    | M3         | HORMIGÓN H-200/40 elab. obra           | 118,16   | 1,89           |
| U05DA025                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,000    | Ud         | Arqueta polipropileno 40x40 cm         | 31,80    | 31,80          |
| U05DA033                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,000    | Ud         | Cerco PVC 40x40 cm                     | 5,52     | 5,52           |
| U05DA038                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1,000    | Ud         | Tapa/rej. PVC peatonal 40x40 cm        | 20,87    | 20,87          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0,763    | %          | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00     | 2,29           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                              |          |            |                                        |          | <b>78,54 €</b> |

Son SETENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

**8.002 D03DI001 Ud ACOMET. RED GRAL. SANE. T. F. 8 m.**

Ud. Acometida domiciliaria de saneamiento a la red general, hasta una longitud de 8 m., en terreno flojo, con rotura de pavimento por medio de compresor, excavación mecánica, tubo de hormigón centrifugado D=25 cm., relleno y apisonado de zanja con tierra procedente de la excavación, i/limpieza y transporte de tierras sobrantes a pie de carga, según CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                                 |       |                 |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|-------|-----------------|
| U01AA007                       | 2,000 | Hr | Oficial primera                 | 16,17 | 32,34           |
| U01AA011                       | 7,600 | Hr | Peón suelto                     | 14,41 | 109,52          |
| D02HF100                       | 4,600 | M3 | EXCAV. MECÁN. ZANJAS SANEA. T.F | 10,68 | 49,13           |
| U02AK001                       | 2,000 | Hr | Martillo compresor 2.000 l/min  | 4,00  | 8,00            |
| U05AA004                       | 8,000 | MI | Tubo horm. centrif. 25 cm.      | 7,40  | 59,20           |
| %CI                            | 2,582 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00  | 7,75            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |       | <b>265,94 €</b> |

Son DOSCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

**8.003 D03AG020 MI TUBERÍA PVC 75 mm. COLGADA**

MI. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 75 mm de diámetro, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                              |       |                |
|--------------------------------|-------|----|------------------------------|-------|----------------|
| U01AA007                       | 0,300 | Hr | Oficial primera              | 16,17 | 4,85           |
| U01AA010                       | 0,300 | Hr | Peón especializado           | 14,56 | 4,37           |
| U05AG000                       | 1,250 | MI | Tubería PVC sanitario D=75   | 1,80  | 2,25           |
| U05AG029                       | 0,700 | Ud | Abrazadera tubo PVC D=75     | 1,34  | 0,94           |
| U05AG040                       | 0,100 | Kg | Pegamento PVC                | 9,97  | 1,00           |
| %CI                            | 0,134 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00  | 0,40           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                              |       | <b>13,81 €</b> |

Son TRECE EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                          | Cantidad | Ud. | Descripción                  | Precio € | Importe        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|------------------------------|----------|----------------|
| <b>8.004 D03AG002 MI TUBERÍA PVC 125 mm. COLGADA</b>                                                                                                                                                                                                                            |          |     |                              |          |                |
| MI. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 125 mm de diámetro y 3.2 mm. de espesor, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5. |          |     |                              |          |                |
| U01AA007                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,300    | Hr  | Oficial primera              | 16,17    | 4,85           |
| U01AA010                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,300    | Hr  | Peón especializado           | 14,56    | 4,37           |
| U05AG003                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,250    | MI  | Tubería PVC sanitario D=125  | 3,33     | 4,16           |
| U05AG032                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,700    | Ud  | Abrazadera tubo PVC D=125    | 1,92     | 1,34           |
| U05AG040                                                                                                                                                                                                                                                                        | 0,011    | Kg  | Pegamento PVC                | 9,97     | 0,11           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,148    | %   | Costes indirectos..(s/total) | 3,00     | 0,44           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                  |          |     |                              |          | <b>15,27 €</b> |

Son QUINCE EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS

**8.005 D03AK001 MI COL. VISITAB. HORM. 90X160 cm.**

MI. Colector visitable de 90x160cm.(anchoxalto) de hormigón armado HM-25 N/mm2 realizado "in situ", con una cuantía de acero de 10 Kg/ML., totalmente acabado, sin incluir la excavación y la solera.

|                                |        |    |                                      |        |                 |
|--------------------------------|--------|----|--------------------------------------|--------|-----------------|
| U01AA007                       | 2,800  | Hr | Oficial primera                      | 16,17  | 45,28           |
| U01AA010                       | 2,800  | Hr | Peón especializado                   | 14,56  | 40,77           |
| A02FA610                       | 1,100  | M3 | HORM. HM-25/P/40/ I CENTRAL          | 97,18  | 106,90          |
| U07GA005                       | 9,400  | M2 | Tablero encofrar 25 mm. 4 p.         | 3,22   | 30,27           |
| U07AI001                       | 0,025  | M3 | Madera pino encofrar 26 mm.          | 136,00 | 3,40            |
| U06AA001                       | 0,500  | Kg | Alambre atar 1,3 mm.                 | 1,13   | 0,57            |
| U06DA005                       | 0,180  | Kg | Puntas plana 17x70                   | 1,47   | 0,26            |
| U06GD010                       | 10,000 | Kg | Acero corrugado elaborado y colocado | 1,01   | 10,10           |
| %CI                            | 2,376  | %  | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00   | 7,13            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |        |    |                                      |        | <b>244,68 €</b> |

Son DOSCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C09 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Cantidad | Ud.       | Descripción                                 | Precio € | Importe        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|---------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>9.001 D34AA010</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          | <b>Ud</b> | <b>EXTINT. POLVO ABC 12 Kg. EF 34A-144B</b> |          |                |
| Ud. Extintor de polvo ABC con eficacia 34A-144B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 9 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado según CTE/DB-SI 4. Certificado por AENOR. |          |           |                                             |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,100    | Hr        | Peón suelto                                 | 14,41    | 1,44           |
| U35AA010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,000    | Ud        | Extintor polvo ABC 9 Kg.                    | 55,71    | 55,71          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,572    | %         | Costes indirectos..(s/total)                | 3,00     | 1,72           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |           |                                             |          | <b>58,87 €</b> |

Son CINCUENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                     |       |           |                                      |       |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|--------------------------------------|-------|----------------|
| <b>9.002 D34MA010</b>                                                                                                                                                                                                               |       | <b>Ud</b> | <b>SEÑAL LUMINISCENTE EVACUACIÓN</b> |       |                |
| Ud. Señal luminiscente para indicación de la evacuación (salida, salida emergencia, direccionales, no salida...) de 297x148mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor, totalmente montada según norma UNE 23033 y CTE/DB-SI 4. |       |           |                                      |       |                |
| U01AA009                                                                                                                                                                                                                            | 0,150 | Hr        | Ayudante                             | 14,85 | 2,23           |
| U35MC005                                                                                                                                                                                                                            | 1,000 | Ud        | Pla.salida emer.297x148              | 8,20  | 8,20           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                 | 0,104 | %         | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00  | 0,31           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |       |           |                                      |       | <b>10,74 €</b> |

Son DIEZ EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C10 MAQUINARIA**

| Código                                                                                     | Cantidad | Ud.       | Descripción                  | Precio € | Importe         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------------------------------|----------|-----------------|
| <b>10.001 C10M1</b>                                                                        |          | <b>Ud</b> | <b>BOMBONA DE OXÍGENO</b>    |          |                 |
| Bombona de oxígeno proporcionado por la casa WEDECO , cuyas dimensiones son 3000 x 5000 mm |          |           |                              |          |                 |
| C10M101                                                                                    | 1,000    | M2        | M.O.colocación maquinaria    | 8,70     | 8,70            |
| C10M102                                                                                    | 1,000    | M2        | Bombona de oxígeno           | 850,00   | 850,00          |
| %CI                                                                                        | 8,587    | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00     | 25,76           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                             |          |           |                              |          | <b>884,46 €</b> |

Son OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                    |         |           |                               |           |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>10.002 C10M2</b>                                                                                                                                                                                                |         | <b>Ud</b> | <b>GENERADOR DE OZONO</b>     |           |                    |
| Generador de ozono de la casa WEDECO, en concreto el modelo SMOevo 910, con una potencia 170,9 KW, con dimensiones de bxhxp igual a 5,22 x 1,5 x 2,30 m. Incluido en el p.p. todo los sistemas para su instalación |         |           |                               |           |                    |
| C10M201                                                                                                                                                                                                            | 1,000   | M1        | M.O. colocación de maquinaria | 8,70      | 8,70               |
| C10M202                                                                                                                                                                                                            | 1,000   | M1        | Generador de ozono            | 45.650,00 | 45.650,00          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                | 456,587 | %         | Costes indirectos..(s/total)  | 3,00      | 1.369,76           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |         |           |                               |           | <b>47.028,46 €</b> |

Son CUATRO MIL VEINTIOCHO EUROS CON CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                          |        |           |                                      |          |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>10.003 C10M3</b>                                                                                                                                      |        | <b>Ud</b> | <b>DESTRUCTOR DE OZONO</b>           |          |                   |
| Destructor de ozono, proporcionado por la empresa WEDECO, con una ocupación de 1 m2. es de 60W. PotencialIncluido en el p.p los sistemas de instalación. |        |           |                                      |          |                   |
| C10M301                                                                                                                                                  | 1,000  | M2        | M.O. colocación maquinaria           | 8,70     | 8,70              |
| C10M302                                                                                                                                                  | 1,000  | M2        | Destructor de ozono a empresa WEDECO | 2.360,00 | 2.360,00          |
| %CI                                                                                                                                                      | 23,687 | %         | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00     | 71,06             |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                           |        |           |                                      |          | <b>2.439,76 €</b> |

Son DOS MIL CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                    |         |           |                              |           |                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>10.004 C10M4</b>                                                                                                                                                                                                                |         | <b>Ud</b> | <b>TANQ.ALMAENAMIENTO 1</b>  |           |                    |
| Tanque de almacenamiento para agua (TK.101) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 400 m3. Incluido en el p.p el material necesario, recoros, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema |         |           |                              |           |                    |
| C10M401                                                                                                                                                                                                                            | 1,000   | M2        | M.O.colocación maquinaria    | 8,70      | 8,70               |
| C10M402                                                                                                                                                                                                                            | 1,000   | M2        | Tanque de almacenamiento 1   | 64.653,21 | 64.653,21          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                | 646,619 | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00      | 1.939,86           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                     |         |           |                              |           | <b>66.601,77 €</b> |

Son SESENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS UN EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                                                                                                 | Cantidad     | Ud.       | Descripción                  | Precio €   | Importe             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|------------|---------------------|
| <b>10.005</b>                                                                                                                                                                                                                          | <b>C10M5</b> | <b>Ud</b> | <b>TANQ.ALMACENAMIENTO 2</b> |            |                     |
| Tanque de almacenamiento para agua (TK.102) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 1200m3.<br>Incluido en el p.p el material necesario, recores, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema. |              |           |                              |            |                     |
| C10M501                                                                                                                                                                                                                                | 1,000        | M2        | M.O. colocación maquinaria   | 8,70       | 8,70                |
| C10M502                                                                                                                                                                                                                                | 1,000        | M2        | Tanque de almacenamiento     | 124.044,95 | 124.044,95          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                    | 1.240,537    | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00       | 3.721,61            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |              |           |                              |            | <b>127.775,26 €</b> |

Son CIENTO VEINTISIETE MIL SETECIENTOS SETENTA Y CINCO EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS

|                                                                                                                                                                                                                                                |              |           |                                         |          |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|-----------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>10.006</b>                                                                                                                                                                                                                                  | <b>C10M6</b> | <b>Ud</b> | <b>EQUIPOS DE IMPULSIÓN</b>             |          |                   |
| Equipos de impulsón, Bombas centrífugas horizontales de la casa EBARA ESPAÑA, serie 3 (3M), en concreto el modelo 3M-65-125/7.5, cuya potencia es 7,5 KW. Incluye en el p.p. los recores necesarios para su unión con las tuberías del sistema |              |           |                                         |          |                   |
| C10M601                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000        | M2        | M.O.colocación maquinaria               | 8,70     | 8,70              |
| C10M602                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000        | M2        | Bombas centrífugas a empresa EBARA S.A. | 2.610,00 | 2.610,00          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                            | 26,187       | %         | Costes indirectos..(s/total)            | 3,00     | 78,56             |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                 |              |           |                                         |          | <b>2.697,26 €</b> |

Son DOS MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON VEINTISEIS CÉNTIMOS

|                                                                             |              |           |                              |           |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>10.007</b>                                                               | <b>C10M7</b> | <b>Ud</b> | <b>TUBERÍAS AGUA</b>         |           |                    |
| Tuberías para circulación de agua del sistema, fabricadas con material A316 |              |           |                              |           |                    |
| C10M701                                                                     | 0,000        | M2        | M.O.colocación maquinaria    | 8,70      | 8,70               |
| C10L1                                                                       | 1,000        | M         | Tubería de agua              | 21.984,86 | 21.984,86          |
| %CI                                                                         | 219,849      | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00      | 659,55             |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                              |              |           |                              |           | <b>22.653,11 €</b> |

Son VEINTIDOS MIL SEISCIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON ONCE CÉNTIMOS

|                                                                              |              |           |                              |        |                 |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|------------------------------|--------|-----------------|
| <b>10.008</b>                                                                | <b>C10M8</b> | <b>Ud</b> | <b>TUBERÍAS OZONO</b>        |        |                 |
| Tuberías para circulación de ozono del sistema, fabricadas con material A316 |              |           |                              |        |                 |
| C10M701                                                                      | 1,000        | M2        | M.O.colocación maquinaria    | 8,70   | 8,70            |
| C10M8001                                                                     | 1,000        | M2        | Tubería de ozono             | 317,79 | 317,79          |
| %CI                                                                          | 3,265        | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00   | 9,80            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                               |              |           |                              |        | <b>336,29 €</b> |

Son TRESCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                                     | Cantidad     | Ud.       | Descripción                   | Precio €  | Importe            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|-------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>10.009</b>                                                                                                                                                              | <b>C10M9</b> | <b>Ud</b> | <b>REACTOR DE OZONIZACIÓN</b> |           |                    |
| Reactor de ozonización CSTR, (R-101) compuesto de material inoxidable, AISI 316 Gr 55.<br>Con capacidad de 100 m3 y cuyas dimensiones son 5 m de diámetro y 7 m de altura. |              |           |                               |           |                    |
| C10M802                                                                                                                                                                    | 1,000        | Ud        | Reactor de Ozonización        | 55.647,43 | 55.647,43          |
| %CI                                                                                                                                                                        | 556,474      | %         | Costes indirectos..(s/total)  | 3,00      | 1.669,42           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                             |              |           |                               |           | <b>57.316,85 €</b> |

---

Son CIENCUENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS

**10.010 C10M10 Ud VÁLVULAS**

Válvulas para la correcta instalación del sistema

**TOTAL PARTIDA . . . . . 13.001,63 €**

---

Son TRECE MIL UN EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**CAPÍTULO C11 INSTALACIÓN DE BIOFILTRO**

**SUBCAPÍTULO C11M01 OBRA CIVIL**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Precio €  | Importe            |
|---------------|-----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.001</b> | <b>C11M0101</b> | <b>Ud</b> | <b>Depósito de hormigón</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |           |                    |
|               |                 |           | Depósito de hormigón armado de 6,5 x 4,8 x 6 m3 de medidas exteriores con compartimiento interior de 14 m3, en espesor de paredes de 35 cm en zonas encofradas a dos caras y de 50 cm en zonas adosadas a muro existente, con salidas embridadas, incluso picado de pilares y muro existente para dar continuidad a muros y corregir desplomes |           |                    |
| C11M01011     | 1,000           | Ud        | Depósito de hormigón                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 26.746,79 | 26.746,79          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           | <b>26.746,79 €</b> |

Son VEINTISEIS MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS



## CUADRO DE PRECIOS Nº3

### PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)

#### SUBCAPÍTULO C11M02 EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Precio € | Importe     |
|---------------|-----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| <b>11.002</b> | <b>C11M0201</b> | <b>Ud</b> | <b>Bomba de alimentación a biofiltros</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Bombas de alimentación a los biofiltros, modelo N4-65/160B/1,5 de la casa ITUR o similar con motor de 1,5 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.003</b> | <b>C11M0202</b> | <b>Ud</b> | <b>Regulador de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Regulador de nivel para señalización de nivel mínimo en el depósito de bombeo a biofiltros modelo ENM-10 de la casa Flygt, o similar, con 13 m de cable                                                                                                                                                                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.004</b> | <b>C11M0203</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |             |
|               |                 |           | Transmisor de nivel ECHOTREK por ultrasonidos NIVELCO para control del nivel en el depósito de bombeo a biofiltros modelo STP-380-2 de la casa IBERFLUID o similar                                                                                                                                                                                                                                         |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.005</b> | <b>C11M0204</b> | <b>Ud</b> | <b>Medidor de caudal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |             |
|               |                 |           | Medidor de caudal electromagnético para control del caudal bombeado a los biofiltros, de la casa DANFOSS, modelo MAG 3100W/5000, o similar, compuesto de una unidad electrónica programable MAG-5000 y un sensor MAG-3100W para montar sobre tubería de diámetro DN100/PN16, incluso kit de montaje para instalar por separado la unidad electrónica del sensor y unidad electrónica para montaje en panel |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.006</b> | <b>C11M0205</b> | <b>Ud</b> | <b>Medidor de oxígeno</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Medidor de oxígeno disuelto de la casa NEURTEK MEDIOAMBIENTE o similar, para el reactor nº 1, compuesto por controlador modelo Analon DO 10 BASIC IP65, sensor de oxígeno disuelto ANALON D05 con sensor de temperatura integrado, adaptador ADD05 para electrodo D05 y soporte de inmersión PVCNDA10PR                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.007</b> | <b>C11M0206</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de presión</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | Transmisor de presión serie 2088, de la casa Fisher Rousemount o similar, calibrada para 5 bar=500 kPa, con salida 4-20 mA                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.008</b> | <b>C11M0207</b> | <b>Ud</b> | <b>Agitador de nutrientes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |             |
|               |                 |           | Agitador de nutrientes para depósito de 3000 l de la casa Prominent, o similar, potencia de 0,75 kW, montado sobre el depósito de nutrientes                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.009</b> | <b>C11M0208</b> | <b>Ud</b> | <b>Bomba dosificadora de nutrientes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | Bomba dosificadora de nutrientes modelo GALa 0220 PPE 200UA012000 para bombeo de un caudal de 19 l/h a 2 bar, de la casa Prominent, o similar, con cable de control universal de 10 m 5 polos, soporte para bomba y 50 m de tubo flexible                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.010</b> | <b>C11M0209</b> | <b>Ud</b> | <b>Soplantes de proceso</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |             |
|               |                 |           | Soplantes de proceso, modelo SEM 8 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 250 Nm3 aire/h, presión diferencial 0,9 bar, motor de accionamiento de 15 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje                                                                                                                                                   |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                               | Cantidad        | Ud.       | Descripción                            | Precio €  | Importe            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.011</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>C11M0210</b> | <b>Ud</b> | <b>Soplante de lavado</b>              |           |                    |
| Soplante de lavado, modelo SEM 12 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 800 Nm <sup>3</sup> aire/h, presión diferencial 0,95 bar, motor de accionamiento de 45 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje |                 |           |                                        |           |                    |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                 |           |                                        |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.012</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>C11M0211</b> | <b>Ud</b> | <b>Bombas centrífugas horizontales</b> |           |                    |
| Bombas centrífugas horizontales para suministro de agua de limpieza modelo IN-125/250A de la casa ITUR o similar, con motor de 7,5 kW para bombeo de 200 m <sup>3</sup> /h a 10 m.c.a.                                                                               |                 |           |                                        |           |                    |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                 |           |                                        |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.013</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>C11M0212</b> | <b>Ud</b> | <b>Regulador de nivel</b>              |           |                    |
| Regulador de nivel para señalización de nivel mínimo en el depósito de clarificadas modelo ENM-10 de la casa Flygt, o similar, con 13 m de cable                                                                                                                     |                 |           |                                        |           |                    |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                 |           |                                        |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.014</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>C11M0213</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de nivel</b>             |           |                    |
| Transmisor de nivel ECHOTREK por ultrasonidos NIVELCO para control del nivel en el depósito de clarificadas modelo STP-380-2 de la casa IBERFLUID o similar                                                                                                          |                 |           |                                        |           |                    |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                 |           |                                        |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.015</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>C11M0214</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                           |           |                    |
| C11M0214                                                                                                                                                                                                                                                             | 1,000           | Ud        | TOTAL                                  | 11.567,65 | 11.567,65          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |                 |           |                                        |           | <b>11.567,65 €</b> |

---

Son ONCE MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y SIETE EUROS CON SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**SUBCAPÍTULO C11M03 DEPÓSITOS Y RELLENO**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                        | Precio €  | Importe            |
|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.016</b> | <b>C11M0301</b> | <b>Ud</b> | <b>Depósito de preparación de nutrientes</b>                                                                                                                                                                       |           |                    |
|               |                 |           | Depósito de preparación de nutrientes en poliéster reforzado con fibra de vidrio con soporte para bomba y agitador, de una capacidad de 3000 l                                                                     |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.017</b> | <b>C11M0302</b> | <b>Ud</b> | <b>Reactores</b>                                                                                                                                                                                                   |           |                    |
|               |                 |           | Reactores de 200 m3 de volumen útil, de 3,6 m de diámetro y 6,5 m de altura, de acero al carbono chorreado, con entradas y salidas embridadas, base para soporte del lecho de arlita y una boca de hombre de DN500 |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.018</b> | <b>C11M0303</b> | <b>Ud</b> | <b>Relleno filtrolita</b>                                                                                                                                                                                          |           |                    |
|               |                 |           | m3 de relleno filtrolita, granulometría 3-3,5 mm                                                                                                                                                                   |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.019</b> | <b>C11M0304</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                       |           |                    |
| C11M03041     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                              | 12.709,02 | 12.709,02          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>12.709,02 €</b> |

Son DOCE MIL SETECIENTOS NUEVE EUROS CON DOS CÉNTIMOS



## CUADRO DE PRECIOS Nº3

### PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)

#### SUBCAPÍTULO C11M04 VALVULERÍA

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                     | Precio € | Importe     |
|---------------|-----------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| <b>11.020</b> | <b>C11M0401</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de proceso, con tajadera inox, DN100                                          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.021</b> | <b>C11M0402</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática doble efecto alimentación</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua de proceso, con tajadera<br>inox, DN100         |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.022</b> | <b>C11M0403</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de alimentación de aire</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de aire de lavado, con tajadera inox, DN150                                     |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.023</b> | <b>C11M0404</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. aire</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de aire de lavado, con tajadera<br>inox, DN150          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.024</b> | <b>C11M0405</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de lavado, con tajadera inox, DN200                                           |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.025</b> | <b>C11M0406</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. agua</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua de lavado, con tajadera<br>inox, DN200          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.026</b> | <b>C11M0407</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas clarificadas de biofiltros, con tajadera inox, DN150                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.027</b> | <b>C11M0408</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas clarificadas de biofiltros, con<br>tajadera inox, DN150 |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.028</b> | <b>C11M0409</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas de lavado de biofiltros, con tajadera inox, DN200                                  |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.029</b> | <b>C11M0410</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas de lavado de biofiltros, con<br>tajadera inox, DN200    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.030</b> | <b>C11M0411</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula de retención de bola</b><br>Válvula de retención de bola para alimentación de agua de proceso a biofiltro, DN100                                                     |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                    | Precio   | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.031</b> | <b>C11M0412</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                   |          |                   |
| C11M04121     | 1,000           | Ud        | TOTAL                          | 2.108,00 | 2.108,00          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |          | <b>2.108,00 €</b> |

---

Son DOS MIL CIENTO OCHO EUROS

---



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**SUBCAPÍTULO C11M05 CALDERERÍA**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                            | Precio € | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.032</b> | <b>C11M0501</b> | <b>Ud</b> | <b>Toberas filtrantes</b>                                                                                                                                                                                                              |          |                   |
|               |                 |           | Toberas filtrantes modelo D-2,0-M24-50-140, con su correspondiente tuerca, todo ello fabricado en PP, de la casa LIFERTECH o similar, para la inyección del agua y el aire al lecho de arena de los biofiltros                         |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.033</b> | <b>C11M0502</b> | <b>Ud</b> | <b>Difusores cerámicos</b>                                                                                                                                                                                                             |          |                   |
|               |                 |           | Difusores cerámicos para el aporte de aire de proceso, con base Difusor Sanitaire y disco cerámico de D180 x 8 mm, incluida instalación de tuberías y montaje de todo el conjunto                                                      |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.034</b> | <b>C11M0503</b> | <b>Ud</b> | <b>Instalación de tuberías</b>                                                                                                                                                                                                         |          |                   |
|               |                 |           | Instalación de tuberías de trasvase de agua y aire, tanto de lavado como de proceso, incluyendo tuberías, codos, bridas, conexiones en T, elementos de soportaje y montaje de todo el conjunto, todo ello en acero inoxidable AISI-304 |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.035</b> | <b>C11M0504</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                           |          |                   |
| C11M05041     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                                                  | 5.000,05 | 5.000,05          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>5.000,05 €</b> |

Son CINCO MIL EUROS CON CINCO CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**SUBCAPÍTULO C11M06 HERRERÍA**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                         | Precio € | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.036</b> | <b>C11M0601</b> | <b>Ud</b> | <b>Escaleras de acceso a la pasarela</b>                                                                                                                                                                                            |          |                   |
|               |                 |           | Escaleras de acceso a la pasarela situada a 5,5 m de altura, construido en acero al carbono galvanizado, con barandilla y peldaños de tramex                                                                                        |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.037</b> | <b>C11M0602</b> | <b>Ud</b> | <b>Pasarela de acceso</b>                                                                                                                                                                                                           |          |                   |
|               |                 |           | Pasarela de acceso al reactor instalada 5,5 m de altura, sobre los soportes colocados a tal fin en el depósito de poliéster, construido en acero al carbono galvanizado, con plataforma de tramex y barandilla en todo el perímetro |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.038</b> | <b>C11M0603</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                        |          |                   |
| C11M06031     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                                               | 2.030,86 | 2.030,86          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>2.030,86 €</b> |

Son DOS MIL TREINTA EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº3**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)**

**SUBCAPÍTULO C11M07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Cantidad        | Ud.       | Descripción             | Precio € | Importe           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.039</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>C11M0701</b> | <b>Ud</b> | <b>Cuadro eléctrico</b> |          |                   |
| Cuadro eléctrico de control de la planta, con autómata programable, variadores de frecuencia para actuar sobre bombas y soplantes, contactores, disyuntores, etc., esquemas eléctricos, instalación del cuadro en planta, conexión de todos los equipos al mismo. Quedan excluidos la programación del autómata, el scada y el run time |                 |           |                         |          |                   |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |           |                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.040</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>C11M0702</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>            |          |                   |
| C11M07021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,000           | Ud        | TOTAL                   | 4.604,86 | 4.604,86          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |           |                         |          | <b>4.604,86 €</b> |

---

Son CUATRO MIL SEISCIENTOS CUATRO EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS



## CUADRO DE PRECIOS Nº3

### PRECIOS DESCOMPUESTOS (en letra)

#### CAPÍTULO C12 SEGURIDAD Y SALUD

| Código                  | Cantidad | Ud. | Descripción                                                | Precio € | Importe     |
|-------------------------|----------|-----|------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| 12.001                  | C12M01   | Ud  | ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD<br>(2% del presupuesto total) |          |             |
| TOTAL PARTIDA . . . . . |          |     |                                                            |          | 10.614,22 € |

Son DIEZ MIL SEISCIENTOS CATORCE EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago  
Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C01 MOVIMIENTO DE TIERRAS**

| Código                                                                                                                                                                                            | Cantidad | Ud. | Descripción                              | Precio € | Importe        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>1.001 D02AA501 M2</b>                                                                                                                                                                          |          |     | <b>DESB. Y LIMP. TERRENO A MÁQUINA</b>   |          |                |
| M2. Desbroce y limpieza de terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte y con p.p. de costes indirectos.                                                                                 |          |     |                                          |          |                |
| A03CA005                                                                                                                                                                                          | 0,010    | Hr  | CARGADORA S/NEUMÁTICOS C=1,30 M3         | 54,90    | 0,55           |
| %CI                                                                                                                                                                                               | 0,006    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,02           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                        |          |     |                                          |          | <b>0,57 €</b>  |
| <b>1.002 D02HF100 M3</b>                                                                                                                                                                          |          |     | <b>EXCAV. MECÁN. ZANJAS SANEA. T.F</b>   |          |                |
| M3. Excavación mecánica de zanjas de saneamiento, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos.            |          |     |                                          |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                          | 0,300    | Hr  | Peón suelto                              | 14,41    | 4,32           |
| A03CF010                                                                                                                                                                                          | 0,100    | Hr  | RETROPALA S/NEUMÁ. ARTIC 102 CV          | 60,52    | 6,05           |
| %CI                                                                                                                                                                                               | 0,104    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,31           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                        |          |     |                                          |          | <b>10,68 €</b> |
| <b>1.003 D02HF105 M3</b>                                                                                                                                                                          |          |     | <b>EXCAV. MECÁN. ZANJAS INSTAL. T.F.</b> |          |                |
| M3. Excavación mecánica de zanjas para alojar instalaciones, en terreno de consistencia floja, i/posterior relleno y apisonado de tierra procedente de la excavación y p.p. de costes indirectos. |          |     |                                          |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                          | 0,300    | Hr  | Peón suelto                              | 14,41    | 4,32           |
| A03CF005                                                                                                                                                                                          | 0,110    | Hr  | RETROEXCAVADORA S/NEUMÁT 117 CV          | 62,56    | 6,88           |
| %CI                                                                                                                                                                                               | 0,112    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,34           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                        |          |     |                                          |          | <b>11,54 €</b> |
| <b>1.004 D02KF001 M3</b>                                                                                                                                                                          |          |     | <b>EXCAV. MECÁN. POZOS T. FLOJO</b>      |          |                |
| M3. Excavación, con retroexcavadora, de terreno de consistencia floja, en apertura de pozos, con extracción de tierras a los bordes, i/p.p. de costes indirectos.                                 |          |     |                                          |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                          | 0,250    | Hr  | Peón suelto                              | 14,41    | 3,60           |
| A03CF010                                                                                                                                                                                          | 0,150    | Hr  | RETROPALA S/NEUMÁ. ARTIC 102 CV          | 60,52    | 9,08           |
| %CI                                                                                                                                                                                               | 0,127    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,38           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                        |          |     |                                          |          | <b>13,06 €</b> |
| <b>1.005 D02TF151 M3</b>                                                                                                                                                                          |          |     | <b>RELLENO Y COMPAC. MECÁN. S/APORTE</b> |          |                |
| M3. Relleno, extendido y compactado de tierras propias, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, i/regado de las mismas y p.p. de costes indirectos.                               |          |     |                                          |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                          | 0,064    | Hr  | Peón suelto                              | 14,41    | 0,92           |
| U04PY001                                                                                                                                                                                          | 0,400    | M3  | Agua                                     | 1,44     | 0,58           |
| A03CA005                                                                                                                                                                                          | 0,016    | Hr  | CARGADORA S/NEUMÁTICOS C=1,30 M3         | 54,90    | 0,88           |
| A03CI010                                                                                                                                                                                          | 0,012    | Hr  | MOTONIVELADORA C/ESCARIF. 110 CV         | 60,52    | 0,73           |
| A03FB010                                                                                                                                                                                          | 0,012    | Hr  | CAMIÓN BASCULANTE 10 Tn.                 | 69,16    | 0,83           |
| U02FP021                                                                                                                                                                                          | 0,072    | Hr  | Rulo autopropulsado 10 a 12 T            | 40,00    | 2,88           |
| %CI                                                                                                                                                                                               | 0,068    | %   | Costes indirectos..(s/total)             | 3,00     | 0,20           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                        |          |     |                                          |          | <b>7,02 €</b>  |



## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

#### CAPÍTULO C02 CIMENTACIÓN

| Código                                                                                                                                                                                                                                                         | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                  | Precio € | Importe         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>2.001</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>D04AA201</b> | <b>Kg</b> | <b>ACERO CORRUGADO B 500-S</b>               |          |                 |
| Kg. Acero corrugado B 500-S incluso cortado, doblado, armado y colocado en obra, i/p.p. de mermas y despuntes.                                                                                                                                                 |                 |           |                                              |          |                 |
| U01FA201                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,015           | Hr        | Oficial 1ª ferralla                          | 18,00    | 0,27            |
| U01FA204                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,015           | Hr        | Ayudante ferralla                            | 16,50    | 0,25            |
| U06AA001                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,005           | Kg        | Alambre atar 1,3 mm.                         | 1,13     | 0,01            |
| U06GG001                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,050           | Kg        | Acero corrugado B 500-S                      | 0,80     | 0,84            |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,014           | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00     | 0,04            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                 |           |                                              |          | <b>1,41 €</b>   |
| <b>2.002</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>D04AK015</b> | <b>Ud</b> | <b>PLACA CIMENTACIÓN 40x40x1.5 cm.</b>       |          |                 |
| Ud. Placa de anclaje de acero A-42b en perfil plano para cimentación, de dimensiones 40x40x1'5 cm. con cuatro patillas de redondo liso de 12 mm. de diámetro, con una longitud cada una de ellas de 60 cm., soldadas, i/ taladro central, totalmente colocada. |                 |           |                                              |          |                 |
| U01FX001                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,250           | Hr        | Oficial cerrajería                           | 15,90    | 3,98            |
| U01FX003                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,200           | Hr        | Ayudante cerrajería                          | 13,80    | 2,76            |
| U01AA007                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,300           | Hr        | Oficial primera                              | 16,17    | 4,85            |
| U06QH010                                                                                                                                                                                                                                                       | 19,200          | Kg        | Chapón cortado a medida de 15 mm             | 0,73     | 14,02           |
| U06FA020                                                                                                                                                                                                                                                       | 2,150           | Kg        | Varilla lisa de 12 mm.                       | 0,73     | 1,57            |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,272           | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00     | 0,82            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                 |           |                                              |          | <b>28,00 €</b>  |
| <b>2.003</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>D04GA102</b> | <b>M3</b> | <b>HORM. HA-25/P/40/ Ila Ci. V. M. CENT.</b> |          |                 |
| M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ Ila N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas, zanjas de cimentación y vigas riostra, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE.  |                 |           |                                              |          |                 |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,600           | Hr        | Peón suelto                                  | 14,41    | 23,06           |
| A02FA733                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,000           | M3        | HORM. HA-25/P/40/ Ila CENTRAL                | 99,07    | 99,07           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 1,221           | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00     | 3,66            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                 |           |                                              |          | <b>125,79 €</b> |
| <b>2.004</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>D04GC102</b> | <b>M3</b> | <b>HOR. HA-25/P/40/ Ila ZAP. V. M. CENT.</b> |          |                 |
| M3. Hormigón en masa para armar HA-25/P/40/ Ila N/mm2, con tamaño máximo del árido de 40mm., elaborado en central en relleno de zapatas de cimentación, i/vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según CTE/DB-SE-C y EHE.                          |                 |           |                                              |          |                 |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,550           | Hr        | Peón suelto                                  | 14,41    | 22,34           |
| A02FA733                                                                                                                                                                                                                                                       | 1,000           | M3        | HORM. HA-25/P/40/ Ila CENTRAL                | 99,07    | 99,07           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 1,214           | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00     | 3,64            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                 |           |                                              |          | <b>125,05 €</b> |
| <b>2.005</b>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>D04PK010</b> | <b>M2</b> | <b>SOLERA HORM. H-150/20 e=10 cm.</b>        |          |                 |
| M2. Solera de 10 cm. de espesor, realizada con hormigón H-150 Kg/cm2. Tmáx. del árido 20 mm. elaborado en obra i/vertido y colocado y p.p. de juntas, aserrado de las mismas y fratasado. Según EH-91.                                                         |                 |           |                                              |          |                 |
| U01AA007                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,150           | Hr        | Oficial primera                              | 16,17    | 2,43            |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,150           | Hr        | Peón suelto                                  | 14,41    | 2,16            |
| A02AA301                                                                                                                                                                                                                                                       | 0,100           | M3        | HORMIGÓN H-150/20 elab. obra                 | 110,89   | 11,09           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                            | 0,157           | %         | Costes indirectos..(s/total)                 | 3,00     | 0,47            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                 |           |                                              |          | <b>16,15 €</b>  |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C03 ESTRUCTURAS**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Cantidad | Ud.       | Descripción                  | Precio € | Importe       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|------------------------------|----------|---------------|
| <b>3.001 D05AA010</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>Kg</b> | <b>ACERO S275 EN CERCHAS</b> |          |               |
| Kg. Acero laminado S275 en cerchas, con una tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , i/p.p. de despuntes y dos manos imprimación con pintura de minio de plomo, totalmente montado, según CTE/ DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |          |           |                              |          |               |
| U01FG405                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,042    | Hr        | Montaje estructura metal.    | 17,20    | 0,72          |
| U06JA001                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 1,000    | Kg        | Acero laminado S275J0        | 1,02     | 1,02          |
| U36IA010                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,010    | Lt        | Minio electrolítico          | 9,70     | 0,10          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,018    | %         | Costes indirectos..(s/total) | 3,00     | 0,05          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |           |                              |          | <b>1,89 €</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |       |           |                                        |       |               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------|----------------------------------------|-------|---------------|
| <b>3.002 D05AA003</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       | <b>Kg</b> | <b>ACERO S275 EN ELEMENT. ESTRUCT.</b> |       |               |
| Kg. Acero laminado en perfiles S275, colocado en elementos estructurales aislados, tensión de rotura de 410 N/mm <sup>2</sup> , con ó sin soldadura, i/p.p. de placas de apoyo, y pintura antioxidante, dos capas, según CTE/ DB-SE-A. Los trabajos serán realizados por soldador cualificado según norma UNE-EN 287-1:1992. |       |           |                                        |       |               |
| U01FG405                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,034 | Hr        | Montaje estructura metal.              | 17,20 | 0,58          |
| U06JA001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,000 | Kg        | Acero laminado S275J0                  | 1,02  | 1,02          |
| U36IA010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,010 | Lt        | Minio electrolítico                    | 9,70  | 0,10          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,017 | %         | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00  | 0,05          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |       |           |                                        |       | <b>1,75 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C04 CUBIERTA**

| Código       | Cantidad      | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Precio € | Importe        |
|--------------|---------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>4.001</b> | <b>C04M01</b> | <b>Ud</b> | <b>Panel sandwich</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |          |                |
|              |               |           | Panel sandwich de la casa PACESA, más concretamente el panel cubierta PC-1000 o similar de 30 mm de espesor, conformado de dos chapas de acero laminado en frío, lacadas o galvanizadas y unidas entre sí por un núcleo central aislante de espuma rígida de poliuretano expandido, con una densidad media de 40 kg/m <sup>3</sup> .<br>Se instala el panel sandwich sobre las correas metálicas y se sujetarán a la chapa mediante ganchos de acero galvanizados que la perforan en la cresta de la greca |          |                |
| C04M011      | 1,000         | Ud        | Panel sandwich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 25,26    | 25,26          |
|              |               |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>25,26 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C05 CERRAMIENTOS**

| Código       | Cantidad     | Ud.       | Descripción                                    | Precio € | Importe        |
|--------------|--------------|-----------|------------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>5.001</b> | <b>D0501</b> | <b>Ud</b> | <b>PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN DE 12 cm</b> |          |                |
| U02C051      | 1,000        | Ud        | Panel hormigón prefabricado de 12 cm           | 68,56    | 68,56          |
| U01F05       | 1,000        | M2        | M.O.colocación panel                           | 8,50     | 8,50           |
| U01F6        | 1,000        | M2        | M.O.colocación puerta metélica                 | 7,60     | 7,60           |
| %CI          | 0,847        | %         | Costes indirectos..(s/total)                   | 3,00     | 2,54           |
|              |              |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                 |          | <b>87,20 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C06 CARPINTERÍA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Cantidad     | Ud.       | Descripción                                 | Precio € | Importe         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|---------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>6.001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>C0601</b> | <b>Ud</b> | <b>PUERTA METALICA CORREDERA</b>            |          |                 |
| Puerta metálica corredera con ejes perpendiculares y perfiles conformados en frío de fleje de acero galvanizado, doble agrafado, de espesor mínimo de 0,8mm incluso bulones, junquillos, cantoneras, parillas de fijación, herrajes de colgar y seguridad y p.p. de sellado de juntas con masilla elástica. construido según NTE/FCA-26. Con puerta de acceso individual abatible de 2x1m. Medida de fuera a fuera del cerco. |              |           |                                             |          |                 |
| U01F6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1,000        | M2        | M.O.colocación puerta metélica              | 7,60     | 7,60            |
| U01F61                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1,000        | M2        | Puerta metálica de 4m x4m c.puerta abatible | 142,56   | 142,56          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,502        | %         | Costes indirectos..(s/total)                | 3,00     | 4,51            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |           |                                             |          | <b>154,67 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Cantidad | Ud.       | Descripción                               | Precio € | Importe         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>7.001 D27CG001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          | <b>Ud</b> | <b>CAJA GRAL. PROTECCIÓN 100A(TRIF.)</b>  |          |                 |
| Ud. Caja general de protección 100A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 100A para protección de la línea general de alimentación situada en fachada o nicho mural. ITC-BT-13 cumplirán con las UNE-EN 60.439-1, UNE-EN 60.439-3, y grado de protección de IP43 e IK08.                                                                                                                                                                                                                     |          |           |                                           |          |                 |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | Hr        | Oficial primera electricista              | 16,50    | 16,50           |
| U01FY635                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | Hr        | Ayudante electricista                     | 13,90    | 13,90           |
| U30CG001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | Ud        | Caja protecci.100A(III+N)+F               | 77,34    | 77,34           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1,077    | %         | Costes indirectos..(s/total)              | 3,00     | 3,23            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |           |                                           |          | <b>110,97 €</b> |
| <b>7.002 D27QA52</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          | <b>Ud</b> | <b>PUNTO EMERG. 183 LÚM/36 m2.</b>        |          |                 |
| Ud. Punto de luz emergencia-señalización para garaje realizado en canalización superficial de PVC rígido M 20/gp5 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5 mm2, así como p/p de línea de alimentación, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado.                                                                                                                                                                                                               |          |           |                                           |          |                 |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,430    | Hr        | Oficial primera electricista              | 16,50    | 7,10            |
| U30JW125                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4,000    | MI        | Tubo PVC rígido M 20/gp5                  | 1,33     | 5,32            |
| U30JW001                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8,000    | MI        | Conductor rígido 750V;1,5(Cu)             | 0,30     | 2,40            |
| U30JW501                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | Ud        | Caja estanca "plexo" D=80                 | 1,38     | 1,38            |
| U30QA110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | Ud        | Bloque emerg.s/215 LEGRAND-C3             | 60,54    | 60,54           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,767    | %         | Costes indirectos..(s/total)              | 3,00     | 2,30            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |           |                                           |          | <b>79,04 €</b>  |
| <b>7.003 C07M0101</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          | <b>Ud</b> | <b>Campana luminaria LED 200 w</b>        |          |                 |
| Campana luminaria LED 200 W, de la casa LEDBOX. Totalmente instalada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          |           |                                           |          |                 |
| C07M01011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,000    | Ud        | Campana luminaria LED 200w                | 299,00   | 299,00          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |           |                                           |          | <b>299,00 €</b> |
| <b>7.004 D27HE001</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |          | <b>MI</b> | <b>DERIVACIÓN INDIVIDUAL 3x16 mm2. Cu</b> |          |                 |
| MI. Derivación individual ES07Z1-K 3x16 mm2., (delimitada entre la centralización de contadores y el cuadro de distribución), bajo tubo de PVC rígido D=32 y conductores de cobre de 16 mm2. aislados, para una tensión nominal de 750 V en sistema monofásico más protección, así como conductor "rojo" de 1,5 mm2 (tarifa nocturna), tendido mediante sus correspondientes accesorios a lo largo de la canaladura del tiro de escalera o zonas comunes. ITC-BT 15 y cumplira con la UNE 21.123 parte 4 ó 5. |          |           |                                           |          |                 |
| U01FY630                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,150    | Hr        | Oficial primera electricista              | 16,50    | 2,48            |
| U01FY635                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0,150    | Hr        | Ayudante electricista                     | 13,90    | 2,09            |
| U30JW071                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3,000    | MI        | Conductor ES07Z1-K 16(Cu)                 | 4,16     | 12,48           |
| U30JW130                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | MI        | Tubo PVC rígido D=50                      | 5,55     | 5,55            |
| U30ER115                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1,000    | MI        | Conductor ES07Z1-K 1,5(Cu)                | 1,20     | 1,20            |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0,238    | %         | Costes indirectos..(s/total)              | 3,00     | 0,71            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |           |                                           |          | <b>24,51 €</b>  |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Código                                                                                                                                                            | Cantidad        | Ud.       | Descripción                            | Precio € | Importe         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|----------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>7.005</b>                                                                                                                                                      | <b>D27GA001</b> | <b>Ud</b> | <b>TOMA DE TIERRA (PICA)</b>           |          |                 |
| Ud. Toma tierra con pica cobrizada de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud, cable de cobre desnudo de 1x35 mm2. conexionado mediante soldadura aluminotérmica. ITC-BT 18 |                 |           |                                        |          |                 |
| U01FY630                                                                                                                                                          | 0,500           | Hr        | Oficial primera electricista           | 16,50    | 8,25            |
| U01FY635                                                                                                                                                          | 0,500           | Hr        | Ayudante electricista                  | 13,90    | 6,95            |
| U30GA010                                                                                                                                                          | 1,000           | Ud        | Pica de tierra 2000/14,3 i/bri         | 13,60    | 13,60           |
| U30GA001                                                                                                                                                          | 15,000          | MI        | Conductor cobre desnudo 35mm2          | 4,02     | 60,30           |
| %CI                                                                                                                                                               | 0,891           | %         | Costes indirectos..(s/total)           | 3,00     | 2,67            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>91,77 €</b>  |
| <b>7.006</b>                                                                                                                                                      | <b>U30JA008</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1Kv 2x1,5 (Cu)</b>    |          |                 |
| Circuito 1. Alumbrado interno<br>Circuito 4. Destructor de ozono                                                                                                  |                 |           |                                        |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>0,74 €</b>   |
| <b>7.007</b>                                                                                                                                                      | <b>U30JA027</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1 Kv 6x10 (Cu)</b>    |          |                 |
| Circuito 2. Bombas de impulsión                                                                                                                                   |                 |           |                                        |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>4,27 €</b>   |
| <b>7.008</b>                                                                                                                                                      | <b>U30JA342</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1 Kv 1 x 120 (Cu)</b> |          |                 |
| Cuadro general                                                                                                                                                    |                 |           |                                        |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>15,45 €</b>  |
| <b>7.009</b>                                                                                                                                                      | <b>U30JA344</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1kv 1 x 35 (Cu)</b>   |          |                 |
| Circuito 3. Generador de Ozono                                                                                                                                    |                 |           |                                        |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>4,90 €</b>   |
| <b>7.010</b>                                                                                                                                                      | <b>U30JA345</b> | <b>MI</b> | <b>Conductor 0,6/1kv 1x16 (Cu)</b>     |          |                 |
| Circuito 5. Biofiltro                                                                                                                                             |                 |           |                                        |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>2,40 €</b>   |
| <b>7.011</b>                                                                                                                                                      | <b>U30IA010</b> | <b>Ud</b> | <b>Diferencial 25A/2p/30mA</b>         |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>44,51 €</b>  |
| <b>7.012</b>                                                                                                                                                      | <b>U30IA025</b> | <b>Ud</b> | <b>Diferencial 63A/4p/30mA</b>         |          |                 |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b>                                                                                                                                        |                 |           |                                        |          | <b>479,46 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Código       | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                             | Precio € | Importe         |
|--------------|-----------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|
| <b>7.013</b> | <b>U30IM001</b> | <b>Ud</b> | <b>Cuadro eléctrico metálico</b>                                                                                                        |          |                 |
|              |                 |           | Cuadro eléctrico metálico con unas dimensiones de 600 x 400 x 200 mm , totalmente instalado incluido p.p. de pequeño material eléctrico |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>124,30 €</b> |
| <b>7.014</b> | <b>U30JW745</b> | <b>Ud</b> | <b>Bandeja rejilla 300x60 mm + accesorios</b>                                                                                           |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>11,25 €</b>  |
| <b>7.015</b> | <b>U30JW120</b> | <b>MI</b> | <b>Tubo PVC corrugado M 20/gp5</b>                                                                                                      |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>0,56 €</b>   |
| <b>7.016</b> | <b>U30AC010</b> | <b>Ud</b> | <b>Tramita.-contrata.electri/Kw</b>                                                                                                     |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>51,00 €</b>  |
| <b>7.017</b> | <b>U30JW551</b> | <b>Ud</b> | <b>Caja metálica Crady</b>                                                                                                              |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>3,40 €</b>   |
| <b>7.018</b> | <b>D26HE07</b>  | <b>Ud</b> | <b>Acometida de electricidad de la red general</b>                                                                                      |          |                 |
| D26HE007     | 1,000           | Ud        | Acometida                                                                                                                               | 120,20   | 120,20          |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>120,20 €</b> |
| <b>7.019</b> | <b>D26HI07</b>  | <b>Ud</b> | <b>Interruptor magnitotérmico 2 polos 10 A</b>                                                                                          |          |                 |
| D26HI007     | 1,000           | Ud        | Interruptor magnototérmico 2 polos 10 A                                                                                                 | 5,00     | 5,00            |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>5,00 €</b>   |
| <b>7.020</b> | <b>D26HI08</b>  | <b>Ud</b> | <b>Interruptor magnototérmico 4 polos 50 A</b>                                                                                          |          |                 |
| D26HI008     | 1,000           | Ud        | Interruptor magnototérmico                                                                                                              | 62,08    | 62,08           |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>62,08 €</b>  |
| <b>7.021</b> | <b>C070102</b>  | <b>Ud</b> | <b>Partida alzada en material eléctrico</b>                                                                                             |          |                 |
|              |                 |           | Partida alzada en material eléctrico, tales como interruptores de luz, regletas, cajas derivación, etc.                                 |          |                 |
|              |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                          |          | <b>2,36 €</b>   |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C08 SANEAMIENTO**

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio € | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|

**8.001 D03DB108 Ud ARQUETA POLIPROPILENO 40X40 cm.**

Ud. Arqueta de Polipropileno (PP) de dimensiones 40x40x40 cm, JIMTEN 34003, formada por cerco y tapa o rejilla de PVC para cargas de zonas peatonales, acoplables entre sí y colocada sobre solera de hormigón HM-20 N/mm2 de 10 cm de espesor incluida, según CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                                 |        |                |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|--------|----------------|
| U01AA007                       | 1,000 | Hr | Oficial primera                 | 16,17  | 16,17          |
| A02AA510                       | 0,016 | M3 | HORMIGÓN H-200/40 elab. obra    | 118,16 | 1,89           |
| U05DA025                       | 1,000 | Ud | Arqueta polipropileno 40x40 cm  | 31,80  | 31,80          |
| U05DA033                       | 1,000 | Ud | Cerco PVC 40x40 cm              | 5,52   | 5,52           |
| U05DA038                       | 1,000 | Ud | Tapa/rej. PVC peatonal 40x40 cm | 20,87  | 20,87          |
| %CI                            | 0,763 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00   | 2,29           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |        | <b>78,54 €</b> |

**8.002 D03DI001 Ud ACOMET. RED GRAL. SANE. T. F. 8 m.**

Ud. Acometida domiciliar de saneamiento a la red general, hasta una longitud de 8 m., en terreno flojo, con rotura de pavimento por medio de compresor, excavación mecánica, tubo de hormigón centrifugado D=25 cm., relleno y apisonado de zanja con tierra procedente de la excavación, i/limpieza y transporte de tierras sobrantes a pie de carga, según CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                                 |       |                 |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------|-------|-----------------|
| U01AA007                       | 2,000 | Hr | Oficial primera                 | 16,17 | 32,34           |
| U01AA011                       | 7,600 | Hr | Peón suelto                     | 14,41 | 109,52          |
| D02HF100                       | 4,600 | M3 | EXCAV. MECÁN. ZANJAS SANEA. T.F | 10,68 | 49,13           |
| U02AK001                       | 2,000 | Hr | Martillo compresor 2.000 l/min  | 4,00  | 8,00            |
| U05AA004                       | 8,000 | MI | Tubo horm. centrif. 25 cm.      | 7,40  | 59,20           |
| %CI                            | 2,582 | %  | Costes indirectos..(s/total)    | 3,00  | 7,75            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                                 |       | <b>265,94 €</b> |

**8.003 D03AG020 MI TUBERÍA PVC 75 mm. COLGADA**

MI. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 75 mm de diámetro, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                              |       |                |
|--------------------------------|-------|----|------------------------------|-------|----------------|
| U01AA007                       | 0,300 | Hr | Oficial primera              | 16,17 | 4,85           |
| U01AA010                       | 0,300 | Hr | Peón especializado           | 14,56 | 4,37           |
| U05AG000                       | 1,250 | MI | Tubería PVC sanitario D=75   | 1,80  | 2,25           |
| U05AG029                       | 0,700 | Ud | Abrazadera tubo PVC D=75     | 1,34  | 0,94           |
| U05AG040                       | 0,100 | Kg | Pegamento PVC                | 9,97  | 1,00           |
| %CI                            | 0,134 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00  | 0,40           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                              |       | <b>13,81 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio € | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|

#### 8.004 D03AG002 MI TUBERÍA PVC 125 mm. COLGADA

MI. Tubería de PVC sanitaria serie B, de 125 mm de diámetro y 3.2 mm. de espesor, unión por adhesivo, color gris, colocada en bajantes y red de saneamiento horizontal colgada, con una pendiente mínima del 1 %, i/ p.p. de piezas especiales según UNE EN 1329 y CTE/DB-HS 5.

|                                |       |    |                              |       |                |
|--------------------------------|-------|----|------------------------------|-------|----------------|
| U01AA007                       | 0,300 | Hr | Oficial primera              | 16,17 | 4,85           |
| U01AA010                       | 0,300 | Hr | Peón especializado           | 14,56 | 4,37           |
| U05AG003                       | 1,250 | MI | Tubería PVC sanitario D=125  | 3,33  | 4,16           |
| U05AG032                       | 0,700 | Ud | Abrazadera tubo PVC D=125    | 1,92  | 1,34           |
| U05AG040                       | 0,011 | Kg | Pegamento PVC                | 9,97  | 0,11           |
| %CI                            | 0,148 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00  | 0,44           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                              |       | <b>15,27 €</b> |

#### 8.005 D03AK001 MI COL. VISITAB. HORM. 90X160 cm.

MI. Colector visitable de 90x160cm.(anchoxalto) de hormigón armado HM-25 N/mm<sup>2</sup> realizado "in situ", con una cuantía de acero de 10 Kg/ML., totalmente acabado, sin incluir la excavación y la solera.

|                                |        |    |                                      |        |                 |
|--------------------------------|--------|----|--------------------------------------|--------|-----------------|
| U01AA007                       | 2,800  | Hr | Oficial primera                      | 16,17  | 45,28           |
| U01AA010                       | 2,800  | Hr | Peón especializado                   | 14,56  | 40,77           |
| A02FA610                       | 1,100  | M3 | HORM. HM-25/P/40/ I CENTRAL          | 97,18  | 106,90          |
| U07GA005                       | 9,400  | M2 | Tablero encofrar 25 mm. 4 p.         | 3,22   | 30,27           |
| U07AI001                       | 0,025  | M3 | Madera pino encofrar 26 mm.          | 136,00 | 3,40            |
| U06AA001                       | 0,500  | Kg | Alambre atar 1,3 mm.                 | 1,13   | 0,57            |
| U06DA005                       | 0,180  | Kg | Puntas plana 17x70                   | 1,47   | 0,26            |
| U06GD010                       | 10,000 | Kg | Acero corrugado elaborado y colocado | 1,01   | 10,10           |
| %CI                            | 2,376  | %  | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00   | 7,13            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |        |    |                                      |        | <b>244,68 €</b> |



## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

#### CAPÍTULO C09 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Cantidad | Ud.        | Descripción                                 | Precio € | Importe        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|---------------------------------------------|----------|----------------|
| <b>9.001 D34AA010</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |          | <b>Ud.</b> | <b>EXTINT. POLVO ABC 12 Kg. EF 34A-144B</b> |          |                |
| Ud. Extintor de polvo ABC con eficacia 34A-144B para extinción de fuego de materias sólidas, líquidas, productos gaseosos e incendios de equipos eléctricos, de 9 Kg. de agente extintor con soporte, manómetro y boquilla con difusor según norma UNE-23110, totalmente instalado según CTE/DB-SI 4. Certificado por AENOR. |          |            |                                             |          |                |
| U01AA011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0,100    | Hr         | Peón suelto                                 | 14,41    | 1,44           |
| U35AA010                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 1,000    | Ud         | Extintor polvo ABC 9 Kg.                    | 55,71    | 55,71          |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0,572    | %          | Costes indirectos..(s/total)                | 3,00     | 1,72           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |            |                                             |          | <b>58,87 €</b> |

|                                                                                                                                                                                                                                      |       |            |                                      |       |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|--------------------------------------|-------|----------------|
| <b>9.002 D34MA010</b>                                                                                                                                                                                                                |       | <b>Ud.</b> | <b>SEÑAL LUMINISCENTE EVACUACIÓN</b> |       |                |
| Ud. Señal luminiscente para indicación de la evacuación (salida, salida emergencia, direccionales, no salida....) de 297x148mm por una cara en pvc rígido de 2mm de espesor, totalmente montada según norma UNE 23033 y CTE/DB-SI 4. |       |            |                                      |       |                |
| U01AA009                                                                                                                                                                                                                             | 0,150 | Hr         | Ayudante                             | 14,85 | 2,23           |
| U35MC005                                                                                                                                                                                                                             | 1,000 | Ud         | Pla.salida emer.297x148              | 8,20  | 8,20           |
| %CI                                                                                                                                                                                                                                  | 0,104 | %          | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00  | 0,31           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                       |       |            |                                      |       | <b>10,74 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C10 MAQUINARIA**

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción | Precio € | Importe |
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|
|--------|----------|-----|-------------|----------|---------|

**10.001 C10M1 Ud BOMBONA DE OXÍGENO**

Bombona de oxígeno proporcionado por la casa WEDECO , cuyas dimensiones son 3000 x 5000 mm

|                                |       |    |                              |        |                 |
|--------------------------------|-------|----|------------------------------|--------|-----------------|
| C10M101                        | 1,000 | M2 | M.O.colocación maquinaria    | 8,70   | 8,70            |
| C10M102                        | 1,000 | M2 | Bombona de oxígeno           | 850,00 | 850,00          |
| %CI                            | 8,587 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00   | 25,76           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |       |    |                              |        | <b>884,46 €</b> |

**10.002 C10M2 Ud GENERADOR DE OZONO**

Generador de ozono de la casa WEDECO, en concreto el modelo SMOevo 910, con una potencia 170,9 KW, con dimensiones de bxhxp igual a 5,22 x 1,5 x 2,30 m. Incluido en el p.p. todo los sistemas para su instalación

|                                |         |    |                               |           |                    |
|--------------------------------|---------|----|-------------------------------|-----------|--------------------|
| C10M201                        | 1,000   | M1 | M.O. colocación de maquinaria | 8,70      | 8,70               |
| C10M202                        | 1,000   | M1 | Generador de ozono            | 45.650,00 | 45.650,00          |
| %CI                            | 456,587 | %  | Costes indirectos..(s/total)  | 3,00      | 1.369,76           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |         |    |                               |           | <b>47.028,46 €</b> |

**10.003 C10M3 Ud DESTRUCTOR DE OZONO**

Destruitor de ozono, proporcionado por la empresa WEDECO, con una ocupación de 1 m2. es de 60W. PotencialIncluido en el p.p los sistemas de instalación.

|                                |        |    |                                      |          |                   |
|--------------------------------|--------|----|--------------------------------------|----------|-------------------|
| C10M301                        | 1,000  | M2 | M.O. colocación maquinaria           | 8,70     | 8,70              |
| C10M302                        | 1,000  | M2 | Destruitor de ozono a empresa WEDECO | 2.360,00 | 2.360,00          |
| %CI                            | 23,687 | %  | Costes indirectos..(s/total)         | 3,00     | 71,06             |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |        |    |                                      |          | <b>2.439,76 €</b> |

**10.004 C10M4 Ud TANQ.ALMAENAMIENTO 1**

Tanque de almacenamiento para agua (TK.101) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 400 m3. Incluido en el p.p el material necesario, recores, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema

|                                |         |    |                              |           |                    |
|--------------------------------|---------|----|------------------------------|-----------|--------------------|
| C10M401                        | 1,000   | M2 | M.O.colocación maquinaria    | 8,70      | 8,70               |
| C10M402                        | 1,000   | M2 | Tanque de almacenamiento 1   | 64.653,21 | 64.653,21          |
| %CI                            | 646,619 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00      | 1.939,86           |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |         |    |                              |           | <b>66.601,77 €</b> |

**10.005 C10M5 Ud TANQ.ALMACENAMIENTO 2**

Tanque de almacenamiento para agua (TK.102) , fabricado con acero inoxidable A316 Gr 55. Con una capacidad igual a 1200m3. Incluido en el p.p el material necesario, recores, juntas, etc. para unión con las tuberías del sistema.

|                                |           |    |                              |            |                     |
|--------------------------------|-----------|----|------------------------------|------------|---------------------|
| C10M501                        | 1,000     | M2 | M.O. colocación maquinaria   | 8,70       | 8,70                |
| C10M502                        | 1,000     | M2 | Tanque de almacenamiento     | 124.044,95 | 124.044,95          |
| %CI                            | 1.240,537 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00       | 3.721,61            |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |           |    |                              |            | <b>127.775,26 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

Código Cantidad Ud. Descripción Precio € Importe

**10.006 C10M6 Ud EQUIPOS DE IMPULSIÓN**

Equipos de impulsión, Bombas centrífugas horizontales de la casa EBARA ESPAÑA, serie 3 (3M), en concreto el modelo 3M-65-125/7.5, cuya potencia es 7,5 KW. Incluye en el p.p. los recorres necesarios para su unión con las tuberías del sistema

|                            |        |    |                                         |          |                   |
|----------------------------|--------|----|-----------------------------------------|----------|-------------------|
| C10M601                    | 1,000  | M2 | M.O.colocación maquinaria               | 8,70     | 8,70              |
| C10M602                    | 1,000  | M2 | Bombas centrífugas a empresa EBARA S.A. | 2.610,00 | 2.610,00          |
| %CI                        | 26,187 | %  | Costes indirectos..(s/total)            | 3,00     | 78,56             |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b> |        |    |                                         |          | <b>2.697,26 €</b> |

**10.007 C10M7 Ud TUBERÍAS AGUA**

Tuberías para circulación de agua del sistema, fabricadas con material A316

|                            |         |    |                              |           |                    |
|----------------------------|---------|----|------------------------------|-----------|--------------------|
| C10M701                    | 0,000   | M2 | M.O.colocación maquinaria    | 8,70      | 8,70               |
| C10L1                      | 1,000   | M  | Tubería de agua              | 21.984,86 | 21.984,86          |
| %CI                        | 219,849 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00      | 659,55             |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b> |         |    |                              |           | <b>22.653,11 €</b> |

**10.008 C10M8 Ud TUBERÍAS OZONO**

Tuberías para circulación de ozono del sistema, fabricadas con material A316

|                            |       |    |                              |        |                 |
|----------------------------|-------|----|------------------------------|--------|-----------------|
| C10M701                    | 1,000 | M2 | M.O.colocación maquinaria    | 8,70   | 8,70            |
| C10M8001                   | 1,000 | M2 | Tubería de ozono             | 317,79 | 317,79          |
| %CI                        | 3,265 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00   | 9,80            |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b> |       |    |                              |        | <b>336,29 €</b> |

**10.009 C10M9 Ud REACTOR DE OZONIZACIÓN**

Reactor de ozonización CSTR, (R-101) compuesto de material inoxidable, AISI 316 Gr 55. Con capacidad de 100 m3 y cuyas dimensiones son 5 m de diámetro y 7 m de altura.

|                            |         |    |                              |           |                    |
|----------------------------|---------|----|------------------------------|-----------|--------------------|
| C10M802                    | 1,000   | Ud | Reactor de Ozonización       | 55.647,43 | 55.647,43          |
| %CI                        | 556,474 | %  | Costes indirectos..(s/total) | 3,00      | 1.669,42           |
| <b>TOTAL PARTIDA .....</b> |         |    |                              |           | <b>57.316,85 €</b> |

**10.010 C10M10 Ud VÁLVULAS**

Válvulas para la correcta instalación del sistema

**TOTAL PARTIDA .....** **13.001,63 €**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**CAPÍTULO C11      INSTALACIÓN DE BIOFILTRO**

**SUBCAPÍTULO C11M01 OBRA CIVIL**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Precio €  | Importe            |
|---------------|-----------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.001</b> | <b>C11M0101</b> | <b>Ud</b> | <b>Depósito de hormigón</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |                    |
|               |                 |           | Depósito de hormigón armado de 6,5 x 4,8 x 6 m3 de medidas exteriores con compartimiento interior de 14 m3, en espesor de paredes de 35 cm en zonas encofradas a dos caras y de 50 cm en zonas adosadas a muro existente, con salidas embridas, incluso picado de pilares y muro existente para dar continuidad a muros y corregir desplomes |           |                    |
| C11M01011     | 1,000           | Ud        | Depósito de hormigón                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 26.746,79 | 26.746,79          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           | <b>26.746,79 €</b> |



## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

#### SUBCAPÍTULO C11M02 EQUIPOS ELECTROMECAÑICOS

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Precio € | Importe     |
|---------------|-----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| <b>11.002</b> | <b>C11M0201</b> | <b>Ud</b> | <b>Bomba de alimentación a biofiltros</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Bombas de alimentación a los biofiltros, modelo N4-65/160B/1,5 de la casa ITUR o similar con motor de 1,5 kW                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.003</b> | <b>C11M0202</b> | <b>Ud</b> | <b>Regulador de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Regulador de nivel para señalización de nivel mínimo en el depósito de bombeo a biofiltros modelo ENM-10 de la casa Flygt, o similar, con 13 m de cable                                                                                                                                                                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.004</b> | <b>C11M0203</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |             |
|               |                 |           | Transmisor de nivel ECHOTREK por ultrasonidos NIVELCO para control del nivel en el depósito de bombeo a biofiltros modelo STP-380-2 de la casa IBERFLUID o similar                                                                                                                                                                                                                                         |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.005</b> | <b>C11M0204</b> | <b>Ud</b> | <b>Medidor de caudal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |          |             |
|               |                 |           | Medidor de caudal electromagnético para control del caudal bombeado a los biofiltros, de la casa DANFOSS, modelo MAG 3100W/5000, o similar, compuesto de una unidad electrónica programable MAG-5000 y un sensor MAG-3100W para montar sobre tubería de diámetro DN100/PN16, incluso kit de montaje para instalar por separado la unidad electrónica del sensor y unidad electrónica para montaje en panel |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.006</b> | <b>C11M0205</b> | <b>Ud</b> | <b>Medidor de oxígeno</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | Medidor de oxígeno disuelto de la casa NEURTEK MEDIOAMBIENTE o similar, para el reactor nº 1, compuesto por controlador modelo Analon DO 10 BASIC IP65, sensor de oxígeno disuelto ANALON D05 con sensor de temperatura integrado, adaptador ADD05 para electrodo D05 y soporte de inmersión PVCNDA10PR                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.007</b> | <b>C11M0206</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de presión</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | Transmisor de presión serie 2088, de la casa Fisher Rousemount o similar, calibrada para 5 bar=500 kPa, con salida 4-20 mA                                                                                                                                                                                                                                                                                 |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.008</b> | <b>C11M0207</b> | <b>Ud</b> | <b>Agitador de nutrientes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |          |             |
|               |                 |           | Agitador de nutrientes para depósito de 3000 l de la casa Prominent, o similar, potencia de 0,75 kW, montado sobre el depósito de nutrientes                                                                                                                                                                                                                                                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.009</b> | <b>C11M0208</b> | <b>Ud</b> | <b>Bomba dosificadora de nutrientes</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |          |             |
|               |                 |           | Bomba dosificadora de nutrientes modelo GALa 0220 PPE 200UA012000 para bombeo de un caudal de 19 l/h a 2 bar, de la casa Prominent, o similar, con cable de control universal de 10 m 5 polos, soporte para bomba y 50 m de tubo flexible                                                                                                                                                                  |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.010</b> | <b>C11M0209</b> | <b>Ud</b> | <b>Soplantes de proceso</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |          |             |
|               |                 |           | Soplantes de proceso, modelo SEM 8 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 250 Nm3 aire/h, presión diferencial 0,9 bar, motor de accionamiento de 15 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje                                                                                                                                                   |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |          | <b>0,00</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                          | Precio €  | Importe            |
|---------------|-----------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.011</b> | <b>C11M0210</b> | <b>Ud</b> | <b>Soplante de lavado</b>                                                                                                                                                                                                                                            |           |                    |
|               |                 |           | Soplante de lavado, modelo SEM 12 TR, de la casa MPR, o similar, para el suministro de un caudal total de 800 Nm <sup>3</sup> aire/h, presión diferencial 0,95 bar, motor de accionamiento de 45 kW, con cabina insonorizante con aireación forzada. Incluso montaje |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.012</b> | <b>C11M0211</b> | <b>Ud</b> | <b>Bombas centrífugas horizontales</b>                                                                                                                                                                                                                               |           |                    |
|               |                 |           | Bombas centrífugas horizontales para suministro de agua de limpieza modelo IN-125/250A de la casa ITUR o similar, con motor de 7,5 kW para bombeo de 200 m <sup>3</sup> /h a 10 m.c.a.                                                                               |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.013</b> | <b>C11M0212</b> | <b>Ud</b> | <b>Regulador de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                            |           |                    |
|               |                 |           | Regulador de nivel para señalización de nivel mínimo en el depósito de clarificadas modelo ENM-10 de la casa Flygt, o similar, con 13 m de cable                                                                                                                     |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.014</b> | <b>C11M0213</b> | <b>Ud</b> | <b>Transmisor de nivel</b>                                                                                                                                                                                                                                           |           |                    |
|               |                 |           | Transmisor de nivel ECHOTREK por ultrasonidos NIVELCO para control del nivel en el depósito de clarificadas modelo STP-380-2 de la casa IBERFLUID o similar                                                                                                          |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.015</b> | <b>C11M0214</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |           |                    |
| C11M02141     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                                                                                | 11.567,65 | 11.567,65          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                       |           | <b>11.567,65 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**SUBCAPÍTULO C11M03 DEPÓSITOS Y RELLENO**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                        | Precio €  | Importe            |
|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|
| <b>11.016</b> | <b>C11M0301</b> | <b>Ud</b> | <b>Depósito de preparación de nutrientes</b>                                                                                                                                                                       |           |                    |
|               |                 |           | Depósito de preparación de nutrientes en poliéster reforzado con fibra de vidrio con soporte para bomba y agitador, de una capacidad de 3000 l                                                                     |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.017</b> | <b>C11M0302</b> | <b>Ud</b> | <b>Reactores</b>                                                                                                                                                                                                   |           |                    |
|               |                 |           | Reactores de 200 m3 de volumen útil, de 3,6 m de diámetro y 6,5 m de altura, de acero al carbono chorreado, con entradas y salidas embridadas, base para soporte del lecho de arlita y una boca de hombre de DN500 |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.018</b> | <b>C11M0303</b> | <b>Ud</b> | <b>Relleno filtrolita</b>                                                                                                                                                                                          |           |                    |
|               |                 |           | m3 de relleno filtrolita, granulometría 3-3,5 mm                                                                                                                                                                   |           |                    |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>0,00</b>        |
| <b>11.019</b> | <b>C11M0304</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                       |           |                    |
| C11M03041     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                              | 12.709,02 | 12.709,02          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                     |           | <b>12.709,02 €</b> |



## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

#### SUBCAPÍTULO C11M04 VALVULERÍA

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                     | Precio € | Importe     |
|---------------|-----------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| <b>11.020</b> | <b>C11M0401</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de proceso, con tajadera inox, DN100                                          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.021</b> | <b>C11M0402</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática doble efecto alimentación</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua de proceso, con tajadera<br>inox, DN100         |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.022</b> | <b>C11M0403</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de alimentación de aire</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de aire de lavado, con tajadera inox, DN150                                     |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.023</b> | <b>C11M0404</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. aire</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de aire de lavado, con tajadera<br>inox, DN150          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.024</b> | <b>C11M0405</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual alimentación agua</b><br>Válv. tajadera manual de alimentación de agua de lavado, con tajadera inox, DN200                                           |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.025</b> | <b>C11M0406</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto alm. agua</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de alimentación de agua de lavado, con tajadera<br>inox, DN200          |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.026</b> | <b>C11M0407</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas clarificadas de biofiltros, con tajadera inox, DN150                               |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.027</b> | <b>C11M0408</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas clarificadas de biofiltros, con<br>tajadera inox, DN150 |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.028</b> | <b>C11M0409</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera manual de salida de agua</b><br>Válv. tajadera manual de salida de aguas de lavado de biofiltros, con tajadera inox, DN200                                  |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.029</b> | <b>C11M0410</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula tajadera neumática de doble efecto salida</b><br>Válv. tajadera neumática de doble efecto de salida de aguas de lavado de biofiltros, con<br>tajadera inox, DN200    |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |
| <b>11.030</b> | <b>C11M0411</b> | <b>Ud</b> | <b>Válvula de retención de bola</b><br>Válvula de retención de bola para alimentación de agua de proceso a biofiltro, DN100                                                     |          |             |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                  |          | <b>0,00</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                    | Precio € | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.031</b> | <b>C11M0412</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                   |          |                   |
| C11M04121     | 1,000           | Ud        | TOTAL                          | 2.108,00 | 2.108,00          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b> |          | <b>2.108,00 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**SUBCAPÍTULO C11M05 CALDERERÍA**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                            | Precio € | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.032</b> | <b>C11M0501</b> | <b>Ud</b> | <b>Toberas filtrantes</b>                                                                                                                                                                                                              |          |                   |
|               |                 |           | Toberas filtrantes modelo D-2,0-M24-50-140, con su correspondiente tuerca, todo ello fabricado en PP, de la casa LIFERTECH o similar, para la inyección del agua y el aire al lecho de arena de los biofiltros                         |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.033</b> | <b>C11M0502</b> | <b>Ud</b> | <b>Difusores cerámicos</b>                                                                                                                                                                                                             |          |                   |
|               |                 |           | Difusores cerámicos para el aporte de aire de proceso, con base Difusor Sanitaire y disco cerámico de D180 x 8 mm, incluida instalación de tuberías y montaje de todo el conjunto                                                      |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.034</b> | <b>C11M0503</b> | <b>Ud</b> | <b>Instalación de tuberías</b>                                                                                                                                                                                                         |          |                   |
|               |                 |           | Instalación de tuberías de trasvase de agua y aire, tanto de lavado como de proceso, incluyendo tuberías, codos, bridas, conexiones en T, elementos de soportaje y montaje de todo el conjunto, todo ello en acero inoxidable AISI-304 |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.035</b> | <b>C11M0504</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                           |          |                   |
| C11M05041     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                                                  | 5.000,05 | 5.000,05          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                         |          | <b>5.000,05 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**SUBCAPÍTULO C11M06 HERRERÍA**

| Código        | Cantidad        | Ud.       | Descripción                                                                                                                                                                                                                         | Precio € | Importe           |
|---------------|-----------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.036</b> | <b>C11M0601</b> | <b>Ud</b> | <b>Escaleras de acceso a la pasarela</b>                                                                                                                                                                                            |          |                   |
|               |                 |           | Escaleras de acceso a la pasarela situada a 5,5 m de altura, construido en acero al carbono galvanizado, con barandilla y peldaños de tramex                                                                                        |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.037</b> | <b>C11M0602</b> | <b>Ud</b> | <b>Pasarela de acceso</b>                                                                                                                                                                                                           |          |                   |
|               |                 |           | Pasarela de acceso al reactor instalada 5,5 m de altura, sobre los soportes colocados a tal fin en el depósito de poliéster, construido en acero al carbono galvanizado, con plataforma de tramex y barandilla en todo el perímetro |          |                   |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.038</b> | <b>C11M0603</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>                                                                                                                                                                                                                        |          |                   |
| C11M06031     | 1,000           | Ud        | TOTAL                                                                                                                                                                                                                               | 2.030,86 | 2.030,86          |
|               |                 |           | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                      |          | <b>2.030,86 €</b> |



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

**CUADRO DE PRECIOS Nº4**

**PRECIOS DESCOMPUESTOS**

**SUBCAPÍTULO C11M07 INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

| Código                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Cantidad        | Ud.       | Descripción             | Precio € | Importe           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------------------------|----------|-------------------|
| <b>11.039</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>C11M0701</b> | <b>Ud</b> | <b>Cuadro eléctrico</b> |          |                   |
| Cuadro eléctrico de control de la planta, con autómata programable, variadores de frecuencia para actuar sobre bombas y soplantes, contactores, disyuntores, etc., esquemas eléctricos, instalación del cuadro en planta, conexión de todos los equipos al mismo. Quedan excluidos la programación del autómata, el scada y el run time |                 |           |                         |          |                   |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |           |                         |          | <b>0,00</b>       |
| <b>11.040</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>C11M0702</b> | <b>Ud</b> | <b>TOTAL</b>            |          |                   |
| C11M07021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1,000           | Ud        | TOTAL                   | 4.604,86 | 4.604,86          |
| <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |           |                         |          | <b>4.604,86 €</b> |



## CUADRO DE PRECIOS Nº4

### PRECIOS DESCOMPUESTOS

#### CAPÍTULO C12 SEGURIDAD Y SALUD

| Código | Cantidad | Ud. | Descripción                                                       | Precio € | Importe            |
|--------|----------|-----|-------------------------------------------------------------------|----------|--------------------|
| 12.001 | C12M01   | Ud  | <b>ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD</b><br>(2% del presupuesto total) |          |                    |
|        |          |     | <b>TOTAL PARTIDA . . . . .</b>                                    |          | <b>10.614,22 €</b> |

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*  
*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*

**RESUMEN  
PRESUPUESTO  
GENERAL**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## RESUMEN PRESUPUESTO GENERAL

| Código | Capítulo                         | Total €    |
|--------|----------------------------------|------------|
| C01    | MOVIMIENTO DE TIERRAS_____       | 10.761,29  |
| C02    | CIMENTACIÓN_____                 | 54.123,50  |
| C03    | ESTRUCTURAS_____                 | 1.265,66   |
| C04    | CUBIERTA_____                    | 3.864,78   |
| C05    | CERRAMIENTOS_____                | 33.478,70  |
| C06    | CARPINTERÍA_____                 | 2.474,72   |
| C07    | INSTALACIÓN ELÉCTRICA_____       | 4.956,60   |
| C08    | SANEAMIENTO_____                 | 725,86     |
| C09    | PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS_____ | 80,35      |
| C10    | MAQUINARIA_____                  | 354.212,45 |
| C11    | INSTALACIÓN DE BIOFILTRO_____    | 64.767,23  |
| C12    | SEGURIDAD Y SALUD_____           | 10.614,22  |

**PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL. .... 541.325,36 €**  
15 % Gastos Generales. .... 81.198,80 €  
6 % Beneficio Industrial. .... 32.479,52 €

**PRESUPUESTO DE CONTRATA. .... 655.003,68 €**

=====

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:

SEISCIENTOS CIENCUENTA Y CINCO MIL TRES EUROS CON SESENTA Y OCHO EUROS.

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*  
*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*

**RESUMEN**

**GENERAL DEL**

**PRESUPUESTO**



DISEÑO DEL REACTOR DE OZONIZACIÓN Y NAVE DE ALMACENAMIENTO PARA  
MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA A VERTER AL RÍO DUERO EN UNA INDUSTRIA  
PAPELERA DE LA LOCALIDAD DE ALMAZÁN (SORIA)

## RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

| Código                                   | Capítulo                    | Total €             |
|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| C01                                      | MOVIMIENTO DE TIERRAS       | 10.761,29           |
| C02                                      | CIMENTACIÓN                 | 54.123,50           |
| C03                                      | ESTRUCTURAS                 | 1.265,66            |
| C04                                      | CUBIERTA                    | 3.864,78            |
| C05                                      | CERRAMIENTOS                | 33.478,70           |
| C06                                      | CARPINTERÍA                 | 2.474,72            |
| C07                                      | INSTALACIÓN ELÉCTRICA       | 4.956,60            |
| C08                                      | SANEAMIENTO                 | 725,86              |
| C09                                      | PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS | 80,35               |
| C10                                      | MAQUINARIA                  | 354.212,45          |
| C11                                      | INSTALACIÓN DE BIOFILTRO    | 64.767,23           |
| C12                                      | SEGURIDAD Y SALUD           | 10.614,22           |
| <b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b> |                             | <b>541.325,36 €</b> |
| 15 % Gastos Generales                    |                             | 81.198,80 €         |
| 6 % Beneficio Industrial                 |                             | 32.479,52 €         |
| Suma                                     |                             | 655.003,68 €        |
| 21 % I.V.A. de Contrata                  |                             | 137.550,77 €        |
| <b>PRESUPUESTO DE CONTRATA</b>           |                             | <b>792.554,45 €</b> |

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de:

SETECIENTOS NOVENTA Y DOS MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON  
CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

*Soria, Junio 2015*

---

*Fdo.: Sara Andrés Santiago*  
*Grado en Ingeniería forestal: Industrias forestales*