



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

**Especialidad en:**  
**Explotaciones Forestales**

**Título del Trabajo**

**PLAN DE MEJORAS EN EL RENDIMIENTO DE LA  
PLANTA DE BIOMASA PARA GENERACIÓN  
ELÉCTRICA; TÉRMICA AFAP S.A. VILLACAÑAS  
(TOLEDO)**

**Alumno/a: Ángel Hilario Patón Mancebo**

**Tutor/a: Milagros Casado Sanz.**  
**Cotutor/a: Enrique Relea Gangas.**  
**Junio 2014**

# ÍNDICE GENERAL

## MEMORIA

|  |    |
|--|----|
| 1. Objeto del Proyecto.  | 1  |
| 2. Antecedentes.   | 1  |
| 2.1.1. Situacion y emplazamiento.                                | 3  |
| 2.1.2. Climatología.   | 3  |
| 2.1.3. Temperatura y precipitación.                              | 3  |
| 2.1.4. Paisajes.   | 4  |
| 2.1.5. Hidrografia e Hidrogeologia.                              | 5  |
| 2.1.6. Vegetación.   | 5  |
| 2.2. Características de la planta de biomasa Termica Afap s.a.   | 6  |
| 2.2.1. Introducción.   | 6  |
| 2.2.2. Condiciones de funcionamiento.                            | 7  |
| 2.2.2.1. Descripción de las instalaciones.                       | 7  |
| 2.2.2.2. Resumen del proceso.                                    | 8  |
| 2.2.2.3. Proceso de limpieza de las instalaciones y los equipos. | 12 |
| 2.2.2.4. Consumo de agua y energia.                              | 13 |
| 2.2.2.5. Contaminacion atmosferica.                              | 14 |
| 2.2.2.6. Valores limites sonoros.                                | 18 |
| 2.2.2.7. Efluentes líquidos.                                     | 19 |
| 2.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.                                    | 21 |
| 2.3.1. Mejoras en el transporte de la biomasa.                   | 21 |
| 2.3.2. Justificación del cambio de la caldera actual.            | 22 |
| 2.3.3. Construcción de nave de almacenamiento complementaria.    | 23 |

## ANEJOS

|   |     |
|---|-----|
| <b>ANEJO Nº1</b> Construcción de nave de almacenamiento<br>Complementaria | 27  |
| <b>ANEJO Nº2:</b> Justificación del cambio de la caldera actual.          | 131 |

**PLANOS.** 115

**PRESUPUESTO.** 116

**BIBLIOGRAFIA.** 168

**PROGRAMAS UTILIZADOS.** 171

# MEMORIA

## **1. OBJETO DEL TRABAJO .**

El presente trabajo por objeto dar cumplimiento al encargo realizado por la Dirección de la planta al objeto de definir algunas mejoras en sus procesos productivos de manera que redunden en el rendimiento de las instalaciones de la planta de producción eléctrica simple, conectada a la red, mediante la combustión de biomasa obtenida mediante origen industrial y forestal.

El estudio constará de una memoria descriptiva, donde se describe la tecnología empleada, los equipos necesarios, y todo el proceso de generación de biomasa, así como las instalaciones complementarias necesarias; una memoria de cálculo donde se analizará la soluciones adoptadas; planos y un presupuesto. La planta de biomasa pertenece a la empresa Térmica Afap, S.A. con N.I.F. A-45456480 sita en el término municipal de Villacañas provincia de Toledo

## **2. ANTECEDENTES.**

Desde hace siglos, la energía ha sido la base del desarrollo de toda civilización, tanto es así que hoy día el sector energético es el que marca el desarrollo de un país, debido a su característica de principio necesario para toda actividad.

Debido a las carencias del sector energético español, nuestro país se encuentra retrasado industrialmente respecto a otros países de su entorno, puesto que las posibilidades energéticas españolas se basan en la explotación de los recursos carboníferos (teniendo en cuenta que el coque español es muy pobre energéticamente hablando); en la importación de hidrocarburos; la energía nuclear obtenida en plantas cada vez más obsoletas; y en el aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos. Esto hace que parte de la energía tenga que ser importada de países como Francia, con mejores políticas energéticas.

Afortunadamente, hoy día se están impulsando tecnologías de obtención de energía de carácter renovable, como son la eólica y la solar, que cubren una parte cada vez más considerable de la demanda energética.

Desgraciadamente, estas tecnologías dependen intrínsecamente de los factores climáticos, lo que hace que la disponibilidad de las mismas sea limitada.

En este punto es donde entra en juego la biomasa, una forma de obtención de energía totalmente renovable y respetuosa con el medio ambiente, puesto que si se controlan bien los cultivos se tiene un balance nulo.

El CO<sub>2</sub> que se genera en la combustión de la biomasa es el mismo que el que las plantas consumen durante su crecimiento. Esto es de vital importancia en la lucha contra el cambio climático que nos amenaza.

En poco tiempo la biomasa se convertirá en una de las principales fuentes de energía en todo el mundo, y sobre todo en Europa, puesto que el parlamento europeo en su afán de lograr un modelo energético sostenible aprobó el paquete 20/20/20, que obliga a que en 2020 la Unión emita un 20% menos de CO2 que en 1990, consuma un 20% menos de energía y genere el 20% de su energía primaria con fuentes de energía renovables.

### 2.1.1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Sita en el término municipal de Villacañas (Toledo) y cuyos datos son los siguientes:

- Altitud sobre el nivel del mar: 663 m
- Superficie: 269 km<sup>2</sup>
- Población: 10.515 (2012)

|                    |                                  |                   |                         |
|--------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------|
| <b>Coordenadas</b> | 39° 36' 57" N, 3° 20' 23" W      | <b>En decimal</b> | 39.615833°, - 3.339722° |
| <b>UTM</b>         | X = 472.742 Y = 4.387.148 Z = 30 |                   |                         |

### 2.1.2. CLIMATOLOGÍA.

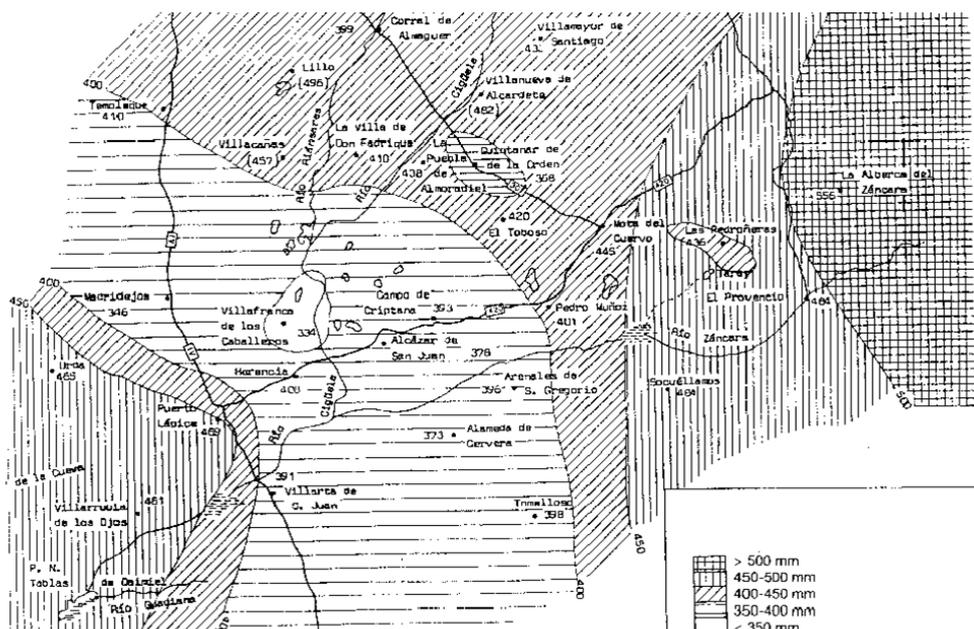


Figura 1. Precipitación media anual (2004 Fuente: Estudio Socio-Economico Comarca Quintanar de la Orden. Escribano Santiago)

### 2.1.3. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

Según la clasificación de J. Papadaki, el clima en la Comarca Quintanar de la Orden es Mediterráneo templado en su parte noroccidental y Mediterráneo continental en la zona suroriental, propio de un clima interior. Se trata de una clasificación agroclimática, que define la naturaleza y posibilidades de un clima en término de los cultivos que en él pueden vegetar.

En la tabla 1 se indican las unidades climáticas de la Comarca de Quintanar de la Orden

Tabla 1. Unidades Climáticas en la Comarca de Quintanar de la Orden

| Unidad climática         | Régimen hídrico                                    | Régimen Térmico | Tipo de verano           |
|--------------------------|--|-----------------|--------------------------|
|                          |  |                 |                          |
| Mediterráneo templado    | ME, Me (ni húmedo ni seco; con Pinvernal>Pestival) | TE (cálido)     | av, Av (Avena)           |
|                          |  |                 | M (Maiz)                 |
| Mediterráneo continental | ME, Me (ni húmedo ni seco; con Pinvernal>Pestival) | CO (cálido)     | Av (Avena) o más frío    |
|                          |  |                 | g, G (Algodón)           |
|                          |  | Co (semicalido) | ti (Triticum) o más frío |
|                          |  |                 | M (Maiz)(Oryza)          |
|                          |  | co (frio)       | pr, Pr (Primavera)       |
|                          |  |                 | ‡ (Triticum)ra           |

Fuente: 2001 Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino. Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA)

La Comarca presenta una importante oscilación térmica anual, que en algunos municipios, alcanza los 35°C, con una temperatura media anual en torno a 14°C. El periodo cálido dura dos meses, el frío entre 6 y 7 meses y el seco casi 4 meses.

Respecto a la pluviometría (P), se sitúa en valores correspondientes a la España seca (entre 400 y 600 mm), mientras que la evapotranspiración (ETP) anual se sitúa en niveles medios (entre 700-800 mm). Conjugando ambos datos se obtiene un índice de aridez (P/ETP) medio-bajo (entre 0,5 y 0,75) en todos los municipios, puesto que presenta el nivel más bajo de pluviometría de toda la Comarca.

Las temperaturas medias mensuales registradas en el periodo 2001-2008, el mes más frío es diciembre, con algo menos de 4,5 ° C de media, y el mes más cálido julio, que supera los 25° C de media. Las temperaturas absolutas extremas se dan en diciembre, enero y febrero con temperaturas mínimas que pueden llegar a -10° C, y en julio y agosto las máximas, cercanas a los 40° C. Por lo que respecta a las temperaturas medias anuales en el periodo considerado, puede observarse como éstas oscilan entre 13,5° y 15° C

#### **2.1.4. PAISAJES.**

Paisaje antropizado: corresponde a los núcleos de población de la Comarca, así como extensas zonas que han sufrido modificación antrópica por la aparición de infraestructuras, zonas industriales, equipamientos, etc.

El paisaje antropizado, considerado desde un punto de vista naturalístico, no presenta una calidad visual relevante, si bien algunos núcleos presentan cierto valor paisajístico derivado de la presencia de elementos arquitectónicos de interés patrimonial como las iglesias. En general, el paisaje tiene una visibilidad reducida, posee una calidad paisajística y fragilidad visual baja.

Paisaje agrícola: esta unidad queda definida por el tipo de vegetación, los más extendidos son los olivares. El cultivo de la vid y el olivo predomina en Villacañas.

#### **2.1.5. HIDROGRAFÍA E HIDROGEOLOGÍA**

En lo que respecta a las aguas superficiales y aguas subterráneas, la Comarca de Quintanar pertenece a la jurisdicción de la Confederación del Guadiana.

#### **AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La Comarca de Quintanar obtiene agua de la unidad hidrogeológica 04.02 (Lillo – Quintanar) pertenecientes a la Cuenca Hidrográfica Cuenca Hidrográfica 04, Guadiana.

## **Acuíferos**

Acuífero carbonatado:

- Litología: arena, areniscas, margas y calizas
- Edad Geológica: Mioceno  
Espesor medio: 10 - 25 m
- Tipo: Libre

Acuífero aluvial:

- Litología: arenas, limos, gravas y arcillas  
Edad Geológica: Plioceno - Cuaternario
- Tipo: Libre

### **2.1.6. VEGETACIÓN.**

La vegetación potencial de la Comarca de Quintanar pertenece a la región II mediterránea. Se distinguen dos series de vegetación, correspondiente a una seria climatofila y otra a una geoserie edafofilas.

La serie climatofila denominada mesomediterránea manchega y aragonesa basofila de carrasca o encina (22b). El carrascal o encinar representa la etapa madura de la serie con las especies *Quercus coccifera*, *Rhamnus alaternus*, *Rhamnus lycioides*, etc. En estados de más degradación pueden encontrarse *Genista scorpius*, *Teucrium capitatum*, *Lavandula latifolia* e incluso en pastizales *Stipa tenacísima*, *Brachypodium ramosum*, etc.

Una pequeña extensión de la Comarca está ocupada la geoserie edafofilas correspondiente a Geomegaserias riparias mediterráneas y regadíos (I). LA vegetación de esta serie correspondiente a bosques de ribera en la Iberia Mediterránea se dispone más o menos próximos al cauce en función de los diferentes requerimientos hídricos. Entre las especies de vegetación ribereña de planocaducifolias que definen estos paisajes se encuentran el *Salix alba*, *Salix fragilis*, *Populus alba*, *Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia*.

Respecto a las saucedas arbustivas, comunidades que soportan bien las fluctuaciones de humedad provocadas por la variación del nivel de agua se encuentran el *Salix atrocinerea*, *Salix tiandra* o *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*, *Salix eleagnos*. También en zonas en las que las condiciones de inestabilidad física no es tan acentuada pero las oscilaciones de sequía humedad son intensas a lo largo del año los tarays (*Tamarix spp.*) ganan importancia.

La vegetación real existente en la zona de estudio es variada y determinada, en gran medida, por la variedad de hábitats y presentes en la Comarca.

En la comarca se encuentra vegetación propia del bosque mediterráneo manchego caracterizado por la presencia de árboles como la encina (*Quercus rotundifolia*).

Las especies más comunes de arbustos asociados a los encinares son la cascoja o chaparro (*Quercus coccifera*), aladierno (*Rhamnus alaternus*), parvifolia, espino (*Rhamnus lycioides subs. Lycioides*), jazmín silvestre (*Jasminum fruticans*), tomillo, terebinto (*Pistacia terebinthus*), aristoloquia (*Aristolochia paucinervis*), *geum sylvaticum*, retama (*Retama sphaerocarpa*). *Senecioni auriculae –Lygeetum sparti*, *Parapholido incurvae-Lygeetum sparti* y *Gypsophilo tomentosae-Limonietum dichotomi*.

## **2.2. CARACTERISTICAS DE LA PLANTA DE BIOMASA TERMICA AFAP S.A.**

### **2.2.1. INTRODUCCION**

Las principales características de las instalaciones de la planta de biomasa TERMICA AFAP S.A. son las siguientes:

- La planta se ubica en el paraje “Matadero” del término municipal de Villacañas (Toledo).
- El acceso a la planta se realiza a través del camino de Corral de Almaguer que sale de la carretera comarcal que une Villacañas con Lillo. La distancia de la instalación hasta Villacañas, que es el núcleo de población más cercano, es de dos kilómetros.
- La parcela donde se ubican las instalaciones cuenta con una superficie asfaltada de 17.000 m<sup>2</sup>, que se desglosan de la siguiente manera:
  - Superficie 1 de 10.000 m<sup>2</sup>.: caldera, maquinaria, tolvas, astilladora, molino, silos y zona de acopio del material.
  - Superficie 2 de 6.300 m<sup>2</sup>: báscula, estación eléctrica, depósitos y edificio.

### **2.2.2. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

#### **2.2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

- Los equipos e instalaciones involucrados en el proceso son los siguientes:

Caldera acuotubular de producción de vapor Caldera.

La caldera acuotubular fabricada por Vulcano serie Hércules Nº serie: 17949 Año fabricación: 2003 con una producción máxima de vapor sobrecalentado de 34.000 kg/h a 40 bar y 450 °C (según la placa de características: 36.060 kg/h a 50 bar y 450 °C) con una potencia térmica neta de 29.800 kW/h. Las condiciones nominales de funcionamiento se alcanzan con una producción de vapor de 34.000 kg/h a 40 bar, 450°C. El sistema de combustión está formado por un quemador de biomasa pulverizada suministrado por Icorsa, quemador de doble zona rotativa de alimentación de aire para quemar serrín con capacidad para 6.400 kg/h y uno de arranque de gas natural de 320 Nm<sup>3</sup>/h como combustible de apoyo. El rendimiento previsto de la caldera es de 90,3 % ± 1%. El sistema de tratamiento de gases cuenta con separadores ciclónicos y un Filtro de Mangas.

El combustible, en su caudal nominal y con sus características fisicoquímicas, se introduce en la caldera a través de un quemador en vena de aire, de la marca Icorsa.

La válvula de regulación de combustible está comandada por un VARIADOR DE VELOCIDAD

La caldera de vapor acuotubular, de circulación natural, situada a la intemperie está compuesta de:

- Cámara radiante
- Banco de evaporación
- Sobrecalentador
- Economizador

### TURBOGENERADOR Y SISTEMA DE CONDENSACIÓN

Un turbogruppo generador Tuthill-Murray de 10.000 kVA, con una producción de 7.800 kWe a 6.300 V/50 Hz y 4.500 r.p.m. 29.800 kW para una alimentación de vapor de 34.000 kg/h a 40 bar, 450°C. El alternador Leroy Somer con una potencia máxima de 8.565 kWe. El condensador es de marca GEA Ibérica. Con una presión de condensación de 0,10 mbar. El turbogenerador cuenta con una extracción de vapor para cubrir las necesidades del desgasificador.

La turbina está compuesta por una turbina de una carcasa multietapa y alabeado tipo reacción, un reductor de engranajes frontal y acoplamientos, una válvula de cierre rápido de entrada con tamiz de vapor montado en la válvula, multiválvulas de regulación con cilindro posicionador hidráulico para admisión y válvula de cierre rápido y de no retorno para toma de vapor. •

1. Torres de refrigeración.
2. Condensador.
3. Desgasificador.

4. Planta de trituración: cuenta con una tolva de recepción de material, una cinta en Z de gran anchura y una astilladora de cuchillas fabricada por Sconiner de 2 x 90 kW, con una producción en función de las características de la alimentación de 13 t/h
5. Planta de molienda: tolva, filtro, elevador de cangilones.
6. Molinos de martillos, ventilador y silos. Esta sección dispone de una tolva piquera de recepción de materiales, un filtro para la producción de finos AISI-304 con un consumo de aire comprimido de 150 Nm<sup>3</sup>/h, un elevador de cangilones, dos molinos de martillos, un Ventilador Sodeca y que llevan a la zona de fondos de trasiego de almacenamiento.
7. Estación de regulación y medida de gas natural.
8. Sistema de tratamiento de agua.
9. Sistema de alimentación de combustible.
10. Aire de admisión.
11. Estación de aire comprimido.
12. Conductos.
13. Tuberías.
14. Sistemas de bombeos.
15. Sistema contra incendios.

- Los depósitos de almacenamiento tienen las siguientes características:

Silo almacenamiento combustible (residuos triturados de madera): 75 m<sup>3</sup> de capacidad.

Depósitos de agua bruta (dos unidades): 50 m<sup>3</sup> y 3.000 m<sup>3</sup>.

Depósito de agua desmineralizada: 15 m<sup>3</sup>.

Depósito de gasóleo: 3.000 l.

Depósito agua contra incendios.

- Los principales consumos de recursos para estas instalaciones son: residuos de madera, agua, energía, gas natural, y gasóleo.

### **2.2.2.2. RESUMEN DEL PROCESO.**

El proceso productivo consiste en el aprovechamiento de los residuos de madera como combustible para una caldera acuotubular de producción de vapor sobrecalentado a alta presión, que se expande en un turbogenerador produciendo electricidad. Parte de esta electricidad se utiliza para consumo interno y el excedente de electricidad es exportado.

#### **Materia prima**

La materia prima principal utilizada en la actualidad es el combustible empleado en la caldera, que se trata de residuos de madera provenientes de la fabricación de puertas y mobiliario. Se pretende aprovechar residuos forestales procedentes de podas, cortas..

La alimentación prevista de combustible es de 6,4 toneladas por hora. Con un consumo anual de biomasa de 50.000 Tn/año, el porcentaje de humedad de la biomasa es del 20% máxima.

El funcionamiento anual de producción de generación eléctrica, descontado las paradas técnicas de mantenimiento se sitúa en unas 7500 h/ año.

Los residuos de biomasa provienen de la fabricación de puertas y mobiliario principalmente de la localidad de Villacañas y localidades próximas, debido a la gran presencia de numerosas empresas dedicadas al sector. Dichos residuos se pueden identificar como serrín piezas de madera (tablones, restos de fabricación de puertas de madera, tableros y aglomerado, palets) y chapas. Suponen entorno al 40 % de la biomasa que usa la instalación.

La biomasa de origen forestal la suministra en su gran totalidad por la empresa Maderas Soler S.L. y esta formada por: madera de chopo en un 60% provienen principalmente de la Región de Murcia, y la zona de Talavera de la Reina (Toledo).

Se consume también madera de pino principalmente trozas de 2 metros de longitud, Proceden de Comunidad de Madrid, Castilla la Mancha, Valencia y algo de Norte de la Provincia de Jaén.

Según la Orden del MAM/304/2002 el residuo empleado como combustible pertenece al código LER 03 01 05 "Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas diferentes de los mencionados en el código 03 01 04".

Estos residuos procedentes de la industria de la madera están compuestos en un 70% de serrín, el resto de recortes de madera y aglomerado con tamaño inferior a 7 mm.

#### **Costes de Producción**

Según los datos facilitados por la planta los costes de la materia prima de la planta son los siguientes:

De origen industrial (tablones, restos de fabricación de puertas de madera, tableros y aglomerado, palets): tiene un coste de 30 €/ t.

De origen forestal (Pino y chopo) entre 36-38 €/t sin tratar. Dicha madera se exigen que tenga una humedad por debajo del 20 %. El tiempo máximo de permanencia en la zona de almacenamiento de la planta es de 15 días.

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

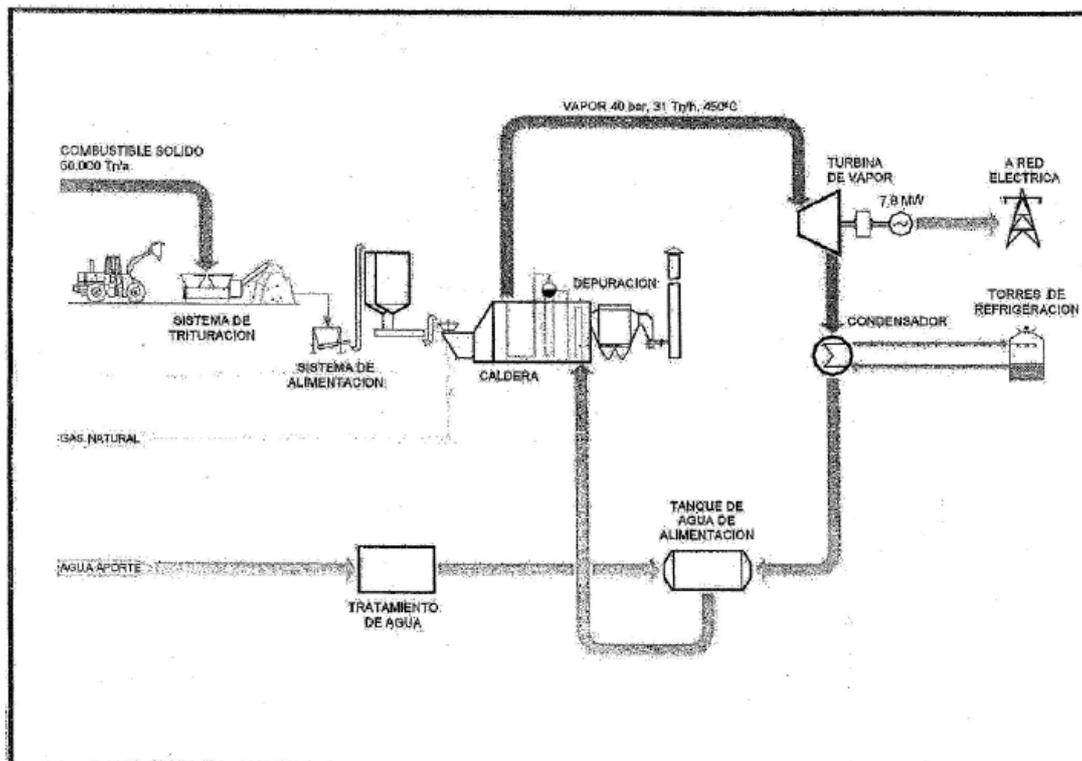


Figura nº 2: Diagrama de proceso de la central de TÉRMICA AFAP

### - Acopio de materias primas y alimentación

Los residuos procedentes de la fabricación de puertas se reciben en el área de recepción donde se almacenan y se clasifican en serrín, corteza y recorte de aglomerado.

Una excavadora transporta los residuos que tengan una granulometría mayor de 25-30 mm hasta el sistema de trituración para adecuarla al tamaño óptimo de combustión.

El material triturado se une al serrín procedente de las fábricas y se dirige a la sección molienda, donde alcanzará una granulometría de menos de 2 mm con una curva granulométrica adecuada, en función de las necesidades y requerimientos de la caldera.

A continuación pasan al sistema de alimentación compuesto de dos cintas transportadoras que conducen el combustible hasta el silo de almacenamiento.

#### - Generación de vapor

Desde los silos se dirige la madera triturada hacia la entrada en la caldera y comienza el proceso de combustión que emplea gas natural como combustible de apoyo. En la caldera se realiza la transmisión del calor mediante radiación a los tubos por donde circula el agua que va a pasar a estado vapor.

Los gases de escape de la combustión, antes de ser expulsados por la chimenea, pasan por un filtro de mangas y un ciclón para eliminar las partículas que se arrastran como consecuencia de la combustión de la madera y otros quemados.

El agua que circula por la caldera forma parte de un circuito de vapor, donde al agua pasa a vapor sobrecalentado a alta presión apto para la turbina. Para ello el hogar cuenta con una zona de precalentamiento, calderín y zona de sobrecalentamiento.

La caldera genera 31 t/h de vapor sobrecalentado a una presión de 40 bar y a una temperatura de 450 °C. El vapor se expande en la turbina que se encuentra acoplada a un generador de electricidad con una potencia de 7,8 MWe.

#### - Condensación

El vapor húmedo, que se encuentra en depresión, sale de la turbina y se dirige al condensador, enfriándose por intercambio de calor con el agua de refrigeración.

Previamente el agua se calienta hasta 105 °C y se hace llegar al desgasificador para eliminar los gases incondensables formados o introducidos en el circuito. Del intercambiador al agua se dirige de nuevo a la caldera y se completa el circuito.

Para la refrigeración del agua se emplean torres de refrigeración.

La producción anual de energía eléctrica es de 62.000 MWh

El proceso se desarrolla automáticamente mediante soporte informático y control centralizado donde se controlan todos los subprocesos y las programaciones de arranque, parada, etc.

### **2.2.2.3. PROCESOS DE LIMPIEZA PERIÓDICA DE LAS INSTALACIONES Y LOS EQUIPOS.**

Los métodos empleados minimizan el consumo de agua y la contaminación, la generación de residuos, el consumo de energía, y la cantidad y peligrosidad de los detergentes utilizados.

Se procede a la limpieza general de las instalaciones con la periodicidad necesaria.

En particular, se tienen en cuenta:

- Los sistemas de limpieza empleados deben reducir al mínimo el contacto entre el agua y los materiales.
- Se evita la entrada de residuos sólidos en las aguas residuales durante la limpieza de equipos e instalaciones.
- Se trata de optimizar tanto la recuperación de los materiales y productos del agua como la reutilización del agua de limpieza.
- Los residuos sólidos asimilables a urbanos son almacenados en contenedores estándar y papeleras.
- La escorrentía del agua de las operaciones de limpieza en las zonas de almacenamiento de sustancias peligrosas será canalizada y recogida para su retirada por gestor autorizado.

#### **2.2.2.4. CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA.**

El titular de la instalación usa tecnología destinada al ahorro de agua y energía.

De los 62.000 MWh/año de energía eléctrica generada, 7.200 MWh/año es consumida en la planta y 55.200 MWh/año transferida a la red. Para ello se dispone de una acometida entre la planta y la línea principal de 45 kV a la que aporta energía.

La energía eléctrica se emplea en los procesos productivos, en los auxiliares y en las oficinas.

#### **Agua**

El agua necesaria para la generación de vapor en la central, incluidas las torres de refrigeración, proviene del pozo situado en el emplazamiento de la planta. Esta actuación cuenta con una concesión administrativa sobre aprovechamiento de aguas subterráneas extendida por la Confederación Hidrográfica del Guadiana con fecha 01/10/07 y vigencia de dos años.

El agua para consumo humano y el abastecimiento de zonas de vestuarios y servicios es suministrado por el Servicio Municipal de Aguas del Ayuntamiento de Villacañas (Toledo).

#### **Tratamiento de agua de alimentación**

La instalación funciona de forma automática y está basada en una etapa previa de filtración, otra de descalcificación y finalmente desmineralización. El funcionamiento de esta planta consiste en la recepción del agua bruta en los depósitos adecuados, bombeo a la unidad de filtración y depósito intermedio previsto para 40 m<sup>3</sup>/h. de este depósito se alimentan a dos grupos diferentes de tratamiento:

Descalcificación a un caudal de 27 m<sup>3</sup>/h o a ramal de desmineralización a un caudal de 4,3 m<sup>3</sup>/h. El agua tratada en estos sistemas es enviada a un depósito de reserva de agua tratada.

El agua descalcificada se envía desde el depósito a las torres de refrigeración y servicios.

El agua desmineralizada se envía al desgasificador térmico.

Las actuaciones respecto al ahorro de agua serán las siguientes:

- Mantenimiento adecuado de las instalaciones.
- Instalación de contadores sectoriales.
- Se registra el consumo de agua en los distintos contadores y se contrastará con el histórico de datos.
- Implantar un plan de minimización del consumo de agua, que consistirá en:
  - Ajuste del caudal de agua a las necesidades de consumo de cada operación.
  - Establecimiento de las condiciones óptimas de operación.
  - Instalación de válvulas que permite la regulación del caudal
  - Instalación de sistemas de cierre sectorizado de la red de agua
  - Utilización de la calidad de agua adecuada a cada operación.
  - Sistemas automáticos de cierre en los puntos de agua

#### **2.2.2.5. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.**

##### Combustible

El combustible que se emplea en la única caldera dispuesta en la instalación es el residuo no peligroso de código LER 03 01 05 Serrín, virutas, recortes, madera, tableros de partículas y chapas de diferentes de los mencionados en el código 01 03 04, recogido en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

Además, se emplea gas natural como combustible de apoyo para el arranque y para mantener la temperatura óptima a lo largo del proceso de combustión.

##### Elementos depuradores

El sistema de depuración de los gases emitidos desde la chimenea consiste en:

- Ciclones separadores

Se dispone de un conjunto de ciclones preseparadores para evitar que los incandescentes lleguen a las mangas.

Estos ciclones disponen de tolva en cuyas bocas de descarga se colocan válvulas alveolares con moto-reductores de 0,5 CV.

- Filtro de mangas

El conjunto filtrante está formado por seis módulos de sección cuadrada independientes entre sí. La superficie filtrante es de 1250 m<sup>2</sup> aproximadamente y el ratio de filtración de 0,97 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min.

Se disponen de tornillos sin fin para el transporte del polvo captado.

#### Elementos de dispersión

Se dispone de un electro ventilador para la aspiración de humos, con rodamientos refrigerados para transportar gases a elevadas temperaturas y para crear la presión de aspiración adecuada para vencer la pérdida de carga de los gases a través de la caldera.

Se disponen conductos de humos para unión de la salida de la caldera hasta el electro ventilador de aspiración y desde la impulsión de ésta hasta la chimenea.

#### Descripción de la caldera:

Marca: Vulcano-Sadeca

Tipo: Acuotubular

Nº serie: 17949

Año fabricación: 2003

Potencia térmica: 29.000 kW/h

#### Descripción de la chimenea:

Altura desde el suelo: 25 m

Diámetro: 1,30 m

L1/L2: 10/5

La chimenea cuenta con acondicionamiento para la toma de muestras tal y como establece el Apartado 3 del Anexo III de la Orden de 18-10-1976 de prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.

Los valores límite de emisión que se establecen en el presente apartado para los focos se han fijado considerando, de acuerdo con lo regulado en el art. 7 de la Ley 16/2002, los siguientes factores:

- Mejores tecnologías disponibles y medidas técnicas equivalentes existentes.

- Ubicación de la empresa y situación en la que se encuentra su entorno.
- Características propias de la explotación.
- Normativa medioambiental aplicable.

Límite a aplicar en las calderas cuando se emplee únicamente gas natural:

Contaminante: CO

Límite (\*): 50 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: NO<sub>x</sub> (expresado como NO<sub>2</sub>)

Límite (\*): 100 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: SO<sub>2</sub>

Límite (\*): 50 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: partículas

Límite (\*): 5 mg/Nm<sup>3</sup>

(\*) Límites a cumplir de acuerdo con las especificaciones de la Instrucción Técnica contenida en la Orden de 30-04-2002, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan el trámite de notificación y determinados aspectos de la actuación de los organismos de control autorizados en el ámbito de calidad ambiental, área de atmósfera.

Los límites de emisión de contaminantes a la atmósfera se entienden a un porcentaje de oxígeno referencia de 3 %, en condiciones normales y gas seco.

Límite a aplicar en las calderas durante el funcionamiento normal (residuos de madera y gas natural):

Contaminante: CO

Límite (\*): 400 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: NO<sub>x</sub> (expresado como NO<sub>2</sub>)

Límite (\*): 300 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: SO<sub>2</sub>

Límite (\*): 50 mg/Nm<sup>3</sup>

Contaminante: partículas

Límite (\*): 20 mg/Nm<sup>3</sup>

(\*) Límites a cumplir de acuerdo con las especificaciones de la Instrucción Técnica contenida en la Orden de 30-04-2002, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan el trámite de notificación y determinados aspectos de la actuación de los organismos de control autorizados en el ámbito de calidad ambiental, área de atmósfera.

Los límites de emisión de contaminantes a la atmósfera se entienden a un porcentaje de oxígeno referencia de 15 %, en condiciones normales y gas seco.

Lo anteriormente expuesto será de aplicación, siempre que los residuos de madera no contengan compuestos organohalogenados o metales pesados como consecuencia del tratamiento con sustancias protectoras de la madera o de revestimiento.

#### Emisiones difusas

En cuanto al control de las emisiones no canalizadas, se cumple el siguiente límite de inmisión para partículas en suspensión en el límite de las instalaciones del centro de producción:

Contaminante: partículas totales Límite (\*): 75 mg/m<sup>3</sup>

(\*) Límites a cumplir de acuerdo con las especificaciones de la Instrucción Técnica contenida en la Orden de 30-04-2002, de la Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, por la que se regulan el trámite de notificación y determinados aspectos de la actuación de los organismos de control autorizados en el ámbito de calidad ambiental, área de atmósfera.

Además de lo expuesto, la instalación debe:

Informar anualmente en función de lo establecido en las condiciones de explotación de la autorización de que en todos los focos existentes en la instalación se realizan las inspecciones y controles reglamentarios siguientes, y mediante organismo de control autorizado, debiendo revisarse todos los aspectos regulados en la Autorización Ambiental Integrada para los mismos.

#### Torres de refrigeración

Se dispone de un sistema de refrigeración compuesto por torre de refrigeración abierta de cuatro celdas con ventilador axial de tiro inducido y flujo semicruzado, bombas de circulación del agua, tuberías de interconexión y sistemas de aporte de agua nueva. El circuito de refrigeración permite enfriar un caudal de agua de 421,77 l/s con un salto térmico de 10 °C.

Las operaciones de limpieza y mantenimiento de la torre de refrigeración se realizan de acuerdo con el Real Decreto 865/2003.

### Partículas sólidas

Las principales fuentes generadoras de partículas son las siguientes:

- Operaciones de transporte de materia prima (residuos madera)
- Descarga de material sobre acopios
- Almacenamiento de residuos de madera
- Planta de trituración y molienda
- Transporte mediante cintas transportadoras y descarga de material triturado hasta el silo de almacenamiento.

Se tomaron las siguientes medidas para minimizar las emisiones de partículas:

- El patio de maniobras, los viales interiores y el vial de acceso se acondiciono para el paso de vehículos pesados y se mantendrán en perfecto estado.
- Confinamiento de la zona de almacenamiento de residuos de madera de mayor tamaño (todos excepto serrín).
- Cerramiento total de la zona de almacenamiento del serrín.
- Carenado de las cintas transportadoras
- Disposición de las medidas correctoras adecuadas en los equipos de trituración y molienda, y en las zonas de carga y descarga de material triturado.
- Adecuado mantenimiento y limpieza de los filtros dispuestos en la planta.
- Todos los vehículos pasarán las revisiones correspondientes.
- El trasiego de vehículos tendrá lugar sobre zonas asfaltadas
- Limitación de la velocidad de circulación de los vehículos en el interior y accesos al centro.

### Prevención de olores

Se implantaron las siguientes medidas correctoras y/o preventivas encaminadas a asegurar su adecuada gestión en la prevención de generación de olores, para ello, se evitarán puntos de acumulación de basuras incontrolados fuera de las instalaciones.

#### **2.2.2.6. VALORES LÍMITES SONOROS.**

Se considera la zona de ubicación de la instalación, al encontrarse en una superficie dedicada a usos industriales, como área que puede soportar los siguientes niveles de ruido medidos en los límites de la parcela:

Zona: Valores límite de inmisión de ruido Lkeq

Día: 70

Tarde: 70

Noche: 60

Lkeq: índice de ruido corregido del periodo temporal indicado. Índice de ruido asociado a la molestia, o a los efectos nocivos o por la presencia en el ruido de componentes tonales emergentes, componentes de baja frecuencia y ruido de carácter impulsivo durante el tiempo indicado.

Los períodos de tiempo día, tarde y noche son lo que se establecen en el Real Decreto 1513/2005 y el Real Decreto 1371/2007.

Las medidas de ruido se llevan a cabo según lo dispuesto en el Real Decreto 1371/2007, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente 17504 28 de mayo de 2008 D.O.C.M. Núm. 109 - Fasc. II al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Los métodos de medida utilizados deben cumplir los principios aplicables a las mediciones para evaluar niveles de ruido en determinados períodos temporales de referencia expuestos en las normas ISO 1996-1:1982 e ISO 1996-2:1987.

Se implantan las siguientes medidas correctoras para evitar superar los límites impuestos por la presente autorización:

- Ubicación y anclaje adecuados de la maquinaria.
- Correcto mantenimiento de los equipos y vehículos.
- Asilamiento de los recintos.
- Limitación en horarios de circulación de vehículos.
- Inspección técnica de vehículos.

#### **2.2.2.7. EFLUENTES LÍQUIDOS.**

En la instalación se generan varios tipos de efluentes:

- Aguas sanitarias
- Aguas pluviales
- Aguas de limpieza de las instalaciones

- Aguas generadas por la caldera y por el sistema de refrigeración

Las aguas de lluvia limpias se recogen separadamente del resto de los efluentes y van a parar a la red de alcantarillado.

El resto de aguas serán vertidas también a la red de alcantarillado, siempre y cuando se asegure una concentración máxima de contaminantes máxima con las siguientes características:

- pH: 6 – 9
- S.S.: 500 mg/l
- DBO5: 500 mg/l
- DQO: 1500 mg/l
- Aceites y grasas: 20 mg/l
- Conductividad: 5.000  $\mu$ S/cm
- Nitrógeno total: 15 mg/l
- Fósforo Total: 10 mg/l

Se tendrán también en cuenta los siguientes aspectos:

- Se dispondrá de arqueta de toma de muestras antes del vertido final.

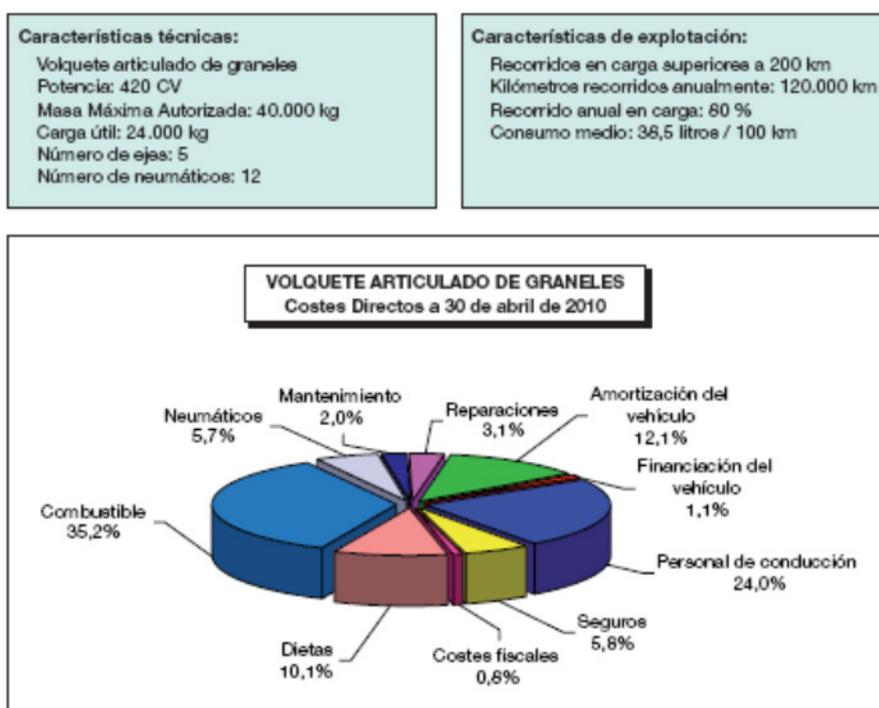
Mensualmente se toman muestras del efluente de salida antes del vertido, dichas muestras son analizadas por un organismo de control que se encuentre autorizado para esta actuación, y se guardará registro de las mismas.

## 2.3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

A continuación se describen brevemente las mejoras que se proponen y que se desarrollaran más ampliamente en los correspondientes anexos donde se definirán las posibles alternativas.

### 2.3.1.MEJORAS EN EL TRANSPORTE DE LA BIOMASA

Con respecto al precio del transporte en el caso de la planta objeto de estudio en este Trabajo, al realizarse en transporte por camión resulta un coste del orden de 4,93 €/t por cada 100 km de recorrido lo que está en línea con lo indicado en el (Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera, 2010), que lo cifra en 1,232€/km cargado para un volquete articulado de gráneles con un recorrido total anual de 120.000 km y una capacidad de carga útil de 24.000kg



*Figura datos de distribución de costes de transporte fuente Observatorio del Transporte de Mercancías por Carretera, 2010*

En el caso de la planta en estudio la única alternativa de suministro de biomasa es a través del transporte por carretera en vehículos como el indicado precedentemente, se intentó obtener una cotización para transportar la biomasa por Ferrocarril dado que tanto en la zona de algunos gestores de madera de la provincia de Tarragona como en Villacañas existe comunicación por vía férrea con sendas estaciones cercanas tanto a los almacenes de los gestores de madera como a la

planta de generación de Térmica AFAP, no pudiendo a la fecha de la redacción de este Trabajo obtener una oferta económica.

Sin embargo se puede estimar la diferencia de costes entre el transporte por carretera y el del ferrocarril a partir de un análisis de costes del transporte de mercancías por ferrocarril (Vicente Rallo Guinot, 2008), que fija para un tren de 14 vagones con capacidad de carga unitaria de 90t cada uno en un máximo de 13,97€/km lo que daría un coste por tonelada transportada de estación a estación de 1,11€/t para cada 100 km de recorrido. Si tenemos en cuenta que las distancias totales a recorrer en camión desde el centro de abastecimiento a la estación y de la estación de llegada a la central de generación son de 15 km el precio del transporte combinado se situaría en: 1,9€/t para 100 km de recorrido en tren y 16 km en camión, o sea un 38% más del coste actual transportando la biomasa en camión por carretera

Del estudio realizado por (ANFAC, 2009) donde compara el transporte de mercancías por carretera con el transporte de mercancías por ferrocarril, se transcribe la conclusión referida a la relación de costes para transporte de automóviles y de piezas "Si cogemos valores promedio de recorridos en vacío para el transporte de vehículos del 40% (datos estimados) el coste del ferrocarril por vehículo es un 71% del coste de la carretera (en media), y para piezas, tomando un valor promedio de recorridos en vacío del 30%, el coste del ferrocarril por caja móvil es un 62% en relación con la carretera".

Como podemos observar estos cálculos son aún más favorables al transporte por ferrocarril comparado con el transporte por carretera que los calculados previamente

Para concluir indicaremos que considerando en un consumo estimado de 30.000 t de Biomasa de origen forestal y que las distancias medias de transporte de 250 km, según datos aportados por la dirección de la planta. Es decir tendríamos un coste de logística de 12,32 €/t. Con lo que se al final se optara por este sistema de transporte por ferrocarril tendría un coste de 7,64€/t transportada. Suponiendo un ahorro a la planta de 5,68€/t a la planta que si lo llegáramos a aplicar al 100% del consumo de la planta podría ocasionar a la planta un ahorro de 170.400€/anuales.

### **2.3.2. JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA CALDERA ACTUAL**

En este apartado indicamos las causas principales que justificarian el cambio de la caldera inicial por una que permita lograr el grado de cumplimiento de los parámetros de diseño y funcionamiento iniciales, con mejora de la disponibilidad de la planta.

#### **a.- Diseño conceptual:**

La caldera actualmente instalada, de marca Vulcano serie Hércules, es una caldera diseñada para combustibles líquidos y gaseosos. Este hecho es de crucial importancia desde el punto de vista operativo ya que la caldera de la planta Térmica AFAP utiliza como combustible serrín y polvo de lijado procedentes de residuos de la industria de Madera (fabricación de puertas) , combustibles que al ser combustionados generan una cantidad de cenizas (residuo sólido de combustión) que se depositan y almacenan dentro de la caldera y deben de ser evacuadas adecuadamente de la misma para su correcto funcionamiento. Es de hacer notar que los combustibles gaseosos y/o líquidos generan cantidades de cenizas prácticamente nulas no así los sólidos.

La cantidad de cenizas generadas por hora en la caldera de Térmica AFAP utilizando combustibles sólidos de origen celulósico fluctúa entre 200 y 380 kg/hr., en función de las proporciones de serrín y polvo de lijado utilizados en cada momento.

.Esta cantidad de cenizas, no solo generan una merma de rendimiento térmico por elevar el coeficiente de ensuciamiento de los tubos (menor transmisión térmica por deposición de cenizas volantes en las paredes de los tubos) sino que deben ser evacuadas de la caldera en forma continua para no afectar su rendimiento ni provocar depósitos vitrificados sobre los tubos que deterioran el rendimiento y hacen costosa la operación por requerir de frecuentes paradas para limpieza.

#### **b.- Operación y disponibilidad:**

La caldera Vulcano Hércules en el momento de su instalación inicial garantizaba por parte del fabricante una disponibilidad de tiempo de funcionamiento del 95%.

Este hecho es de imposible cumplimiento por lo expresado en el punto anterior, concretamente las paradas obligatorias por limpieza de incrustaciones de cenizas vitrificadas en los tubos del cuerpo de caldera. Este hecho está documentado por el operador de planta durante la operación de la actual instalación.

Al no cumplirse la disponibilidad de funcionamiento se resiente el flujo de caja generado, es decir afecta negativamente la rentabilidad de la instalación bajo dos vertientes, a saber, mayor coste de mantenimiento y menor generación de ingresos por baja en la disponibilidad operativa.

### **c.- Ambiental y rendimiento de energía primaria.**

Desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía primaria y emisiones de gases efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) la caldera debería funcionar a pleno régimen solo con combustible residual sólido y no apoyarse en un consumo de gas.

De los tres puntos anteriores se deduce que la instalación de la caldera Vulcano serie Hércules en la planta de Térmica AFAP es técnica, operativa, ambiental y incorrecta.

Para continuar operando dentro del marco de la legalidad y con las seguridades técnicas y operativas exigidas en este tipo de instalaciones, la única forma posible de lograrlo es con el cambio de la caldera antes mencionada por otra que cumpla con los requisitos básicos antes comentados.

### **2.2.3. CONSTRUCCION DE NAVE DE ALMACENAMIENTO COMPLEMENTARIA.**

Al cabo de los años de explotación, la Dirección técnica de la Planta considera necesaria contar con un almacén de la biomasa triturada adicional para que se produzcan secado natural más adecuado y para evitar por un lado la contaminación de los productos por tierra u otros contaminantes y su humectación por la exposición a la lluvia, nieve, o nieblas, pero por otro lado se trataba de eliminar las inmisiones elevadas que se producían al levantar los vientos reinantes, el polvo de madera que se encuentra dentro del material ya triturado.

Actualmente la planta dispone de las zonas de trasiego de fondos cubiertas del almacenamiento de biomasa antes de su combustión.

La planta adquiere biomasa con una humedad del 20 % y almacena en una cama la biomasa un máximo de 15 días antes de su procesado y combustión. Por lo que según lo comentado en el párrafo anterior su humectación por la exposición a la lluvia, nieve, o nieblas, la Dirección técnica considera necesaria la construcción de una Nave de almacenamiento de biomasa triturada donde se mantengan niveles de humedad óptimos de la biomasa antes de pasar a su combustión. Las dimensiones que estiman como óptimas es entorno a unos 600 m<sup>2</sup> de superficie cubierta.

# MEMORIA

## Anejo 1: Construcción de Nave de Almacenamiento de Biomasa.

## ÍNDICE ANEJO I

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.  | 2  |
| 1.1. OBJETIVOS.   | 2  |
| 1.1.1.CARACTERISTICAS GENERALES DE LA NAVE.   | 2  |
| 1.2. ESTRUCTURAS INDUSTRIALES.  | 2  |
| 1.2.1. Funcionalidad.   | 2  |
| 1.2.3. Ventajas e inconvenientes de la estructura metálica.                           | 3  |
| 1.2.4. El acero.  | 4  |
| 1.2.5. Configuraciones estructurales.   | 4  |
| 1.2.5.1. Elementos estructurales.   | 4  |
| 1.2.3. CARGAS ACTUANTES SOBRE ESTRUCTURAS.  | 6  |
| 1.2.3.1. Clasificación de las acciones por su naturaleza.                             | 6  |
| 2. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL.   | 7  |
| 2.1. Definición de las características generales de la nave en generador de pórticos. | 7  |
| 2.1.1. Proceso de diseño.   | 8  |
| 2.2. Cálculo de la nave con nuevo metal 3D.   | 8  |
| 2.2.1. Dimensionado de la estructura y cálculo de uniones.                            | 8  |
| 2.2.2. Cimentación.   | 8  |
| COMPROBACIONES  |    |
| 2.2.3. Listados de obra generales.  | 8  |
| 2.2.4. Listado nº1 Comprobación de correas.   | 10 |
| 2.1.5. Listado nº 2 Uniones de nudos.   | 15 |
| 2.2.6. Listado nº 3 Comprobación placas base.   | 44 |
| 2.2.7. Listado nº 4 Comprobación elementos de cimentación, zapatas.                   | 45 |
| 2.2.8. Listado nº 5 Informe final de cálculo de uniones.                              | 46 |
| 2.2.9. Listado nº 6 Informe final de cálculo.   | 47 |
| 2.2.10. Calculo de Pluviales y saneamiento.   | 90 |

## 1. INTRODUCCION.

### 1.1.OBJETIVOS.

Las dimensiones de la nave de almacenamiento de 600 m2 será las indicadas para garantizar a la planta una autonomía durante una serie de jornadas, de forma que pueda seguir funcionando, incluso si se viera afectada por cualquier factor externo (Incapacidad de abastecimiento por condiciones climáticas adversas, huelgas, etc) asegurando la producción de energía.

#### 1.1.1. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA OBRA.

La estructura se compone de 7 pórticos idénticos sin cercha, y sus características principales son:

- Luz: 20 m.
- Altura pilares: 8 m.
- Altura de cumbrera: 12 m aproximadamente.
- Distancia entre pórticos: 5 m.
- Los pilares y dinteles son vigas IPE de acero S 275
- Las correas de la cubierta son perfiles conformados IPE, de acero S 275.
- El cerramiento de cubierta sándwich de chapa de acero galvanizado material aislante.
- La cubierta es solamente accesible para mantenimiento.
- Las uniones pilar-dintel y entre dinteles son atornilladas.
- Cerramiento de la fachada (panel prefabricado de hormigón, de 28 cm de espesor).
- La solera estará formada por:

-ENCACHADO PIEDRA 40/81 e=15cm Encachado de piedra caliza 40/81 de 15cm de espesor en sub-base de solera. Vertido y compactado con pisón.

-SOLERA HA-25, 15cm ARMADURA #15x15x6 Solera de hormigón de 15cm. De espesor, realizada con hormigón HA-25 N/mm2, Tmax.20mm pulido.

-Dispondrá de un porton central de acceso a la nave de acero de 2 hojas de 2,5 m de ancho por 5 m de alto cada una.

En la cimentación de la estructura se usa:

- Hormigón HA-25.
- Acero corrugado B 400 S.

La solera será de hormigón.

## 1.2. ESTRUCTURAS INDUSTRIALES

### 1.2.1. Funcionalidad

Una estructura industrial es un “conjunto de elementos resistentes capaz de mantener sus formas y cualidades a lo largo del tiempo, bajo la acción de las cargas y agentes exteriores a que ha de estar sometido”.

Para resolver con acierto la estabilidad industrial de un edificio, es imprescindible entender el funcionamiento de su estructura, conocer la disposición estructural, las solicitaciones que le llegan y

el material utilizado, con el fin de elegir los detalles y disposiciones constructivas más adecuados, así como resolver los puntos singulares de la misma.

Los materiales empleados en su construcción suelen ser metales y/u hormigón, pudiéndose recurrir al empleo de materiales compuestos para determinados.

### Elementos estructurales

Las construcciones ejecutadas con estructuras metálicas permiten luces mayores, especialmente interesante para locales donde se requieran edificios sin pilares intermedios, así como para edificios de grandes alturas, sin pilares excesivamente gruesos, evitando ocupar espacios importantes.

#### **1.2.3. Ventajas e inconvenientes de la estructura metálica**

El empleo del acero en las estructuras industriales tiene una serie de ventajas sobre otros materiales que hace que las estructuras metálicas monopolicen la construcción de naves industriales. A continuación se enumeran algunas de sus propiedades más destacadas:

Las estructuras metálicas, al tomar grandes deformaciones, antes de producirse el fallo definitivo “avisar.

El material es homogéneo y la posibilidad de fallos humanos es mucho más reducida que en estructuras construidas con otros materiales. Lo que permite realizar diseños más ajustados, y por tanto más económicos.

- Ocupan poco espacio. Los soportes molestan muy poco, para efectos de la distribución interior, por lo que se obtiene buena rentabilidad a toda la superficie construida. Los cantos de las vigas son reducidos y los anchos aún son menores. En general las estructuras metálicas pesan poco y tienen elevada resistencia.

- Las estructuras metálicas no sufren fenómenos reológicos que, salvo deformaciones térmicas, deban tenerse en cuenta. Conservan indefinidamente sus excelentes propiedades.

- Estas estructuras admiten reformas, por lo que las necesidades y los usos pueden variar, adaptándose con facilidad a las nuevas circunstancias. Su refuerzo, en general, es sencillo.

- Las estructuras metálicas se construyen de forma rápida, ya que al ser elementos prefabricados, en parte, pueden montarse en taller. Asimismo tienen resistencia completa desde el instante de su colocación en obra.

- Al demolerlas todavía conserva el valor residual del material, ya que este es recuperable.

Si bien, también presentan algunas desventajas que obligan a tener ciertas precauciones al emplearlas. Las principales son:

- La elevada resistencia del material origina problemas de esbeltez.

- Excesiva flexibilidad, lo que produce un desaprovechamiento de la resistencia mecánica al limitar las flechas, y produce falta de confort al transmitir las vibraciones.

**Debido a las importantes ventajas que presentan las estructuras metálicas, nos decantamos en este tipo de construcción para nuestro proyecto.**

#### 1.2.4. El acero

Los metales que se emplean en estructuras metálicas son principalmente el acero ordinario, el acero autopatinable, el acero inoxidable y el aluminio.

El acero es el material estructural por excelencia para grandes alturas, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

El acero ordinario es el más empleado y existen los siguientes tipos (según la norma EN 10027):

S235JR S235J0 S235J2

S275JR S275J0 S275J2

S355JR S355J0 S355J2

La primera sigla es una “S” (de Steel acero en lengua inglesa) La siguiente cantidad numérica es el límite elástico en MPa, en elementos cuyo espesor no supere los 16 mm. En espesores superiores la resistencia de cálculo es menor.

Las últimas siglas indican su sensibilidad a la rotura frágil y su soldabilidad:

- JR para construcciones ordinarias.
- J0 cuando se requiere alta soldabilidad y resistencia a la rotura frágil.
- J2 cuando se requiere exigencias especiales de resiliencia, resistencia a la rotura frágil y soldabilidad.

En España, excepto el **S275JR** todos los demás se suministran bajo pedido.

#### 1.2.5. Configuraciones estructurales

##### 1.2.5.1. Elementos estructurales

Algunos de los elementos resistentes de que constan las estructuras industriales son los siguientes:

##### Placas de anclaje

Las placas de anclaje son elementos estructurales que se emplean para unir los soportes metálicos a la cimentación y que tienen como objeto hacer que la transición del acero al hormigón se realice sin que en ningún punto se sobrepasen las tensiones admisibles en este material.

La placa de anclaje debe estar sujeta al cimiento mediante unos pernos de anclaje que quedan embebidos en el hormigón, y que al fraguar y endurecer éste trabajan por adherencia.

## Soportes

Los soportes son elementos verticales sometidos principalmente a compresión y a flexión pequeña o nula. Son los elementos que transmiten las cargas verticales al terreno a través de los cimientos y las bases.

Para dimensionar un soporte se tendrá en cuenta: el tipo de acero, el tipo de carga que va a recibir el perfil, la longitud del soporte (por si hubiese pandeo) y la carga axial de compresión.

En las estructuras industriales podemos encontrar los siguientes tipos de soportes o pilares:

Los soportes simples más utilizados son el HEB, el HEA, el IPN y el IPE. Con ellos se obtiene gran aprovechamiento y son muy aptos para formar pilares en pórticos rígidos.

Los soportes simples de varios perfiles más utilizados son los formados por 2 UPN.

Los soportes compuestos se obtienen acoplando perfiles separados enlazados por medio de elementos transversales discontinuos. Pueden estar unidos mediante presillas o mediante celosía (red triangular formada por montantes y diagonales).

También podemos encontrar soportes mixtos, formados por un pilar metálico y un pilar de hormigón armado.

### - Vigas

Las jácenas o vigas son elementos lineales en las que una dimensión predomina sobre las otras dos. Su forma de trabajo es casi exclusivamente a flexión, por ello suelen adoptar forma de I, para tratar de obtener la máxima inercia y el mayor módulo resistente con el material disponible, tratando de mejorar el rendimiento.

Las vigas son los elementos sustentantes horizontales, o como en las cubiertas, ligeramente inclinados, que reciben las cargas verticales y las transmiten, trabajando a flexión, a los pilares o apoyos.

Atendiendo a su constitución las vigas de acero se clasifican de la siguiente manera:

#### *Vigas simples:*

Los perfiles empleados son IPN, IPE o HE. El empleo de los perfiles IPE resulta más económico en general, tanto por su mayor rendimiento mecánico como por la simplificación que, en empalmes y uniones, proporciona el espesor uniforme de las alas.

Los perfiles simples laminados tienen la ventaja sobre la viga armada que para igual resistencia su coste es menor.

#### *Vigas múltiples:*

Son las vigas constituidas por dos o más perfiles I adosados, unidos a través de elementos de unión, tales como perfiles, presillas, tornillos, pasantes, etc., que solidaricen eficazmente los perfiles componentes.

## - Correas

Las correas son las vigas en que se apoya la chapa u otro tipo de techumbre, por lo que tienen que soportar su peso, así como el debido a posibles cargas de nieve y viento.

Se encuentran a su vez apoyadas sobre las cerchas o los pórticos, normalmente en un plano inclinado, lo que hace tender a flectar también en el sentido de la inclinación.

Siendo variable su separación, dependiendo del material de cubierta, etc.

## Medios de Unión

### *· Uniones atornilladas:*

Los medios de unión contemplados son los constituidos por tornillos, tuercas, y arandelas que, deberán estar normalizados y corresponder a los mismos grados del material que unen: límite elástico y resistencia a tracción.

### *· Uniones soldadas:*

Un acero se considera soldable según un grado, un procedimiento determinado y para una aplicación específica, cuando mediante la técnica apropiada se puede conseguir la continuidad metálica de la unión y ésta cumpla con las exigencias requeridas.

El material de aportación utilizable para la realización de soldaduras (electrodos).

## 1.2.3. CARGAS ACTUANTES SOBRE ESTRUCTURAS.

El diseño de una estructura, comienza con aquellos elementos que están sometidos a las cargas principales que debe tomar la estructura, y procede en secuencia con varios elementos de soporte hasta llegar a la cimentación.

Por lo general el establecimiento de las cargas a considerar viene regulado por Normas, Instrucciones o Reglamentos Oficiales, quedando tan solo en contadas ocasiones la fijación del valor de dichas acciones en manos del proyectista.

### 1.2.3.1. Clasificación de las acciones por su naturaleza

Las acciones se pueden clasificar según su naturaleza en los siguientes grupos:

- *Acciones directas.* Son aquellas que se aplican directamente sobre la estructura. En este grupo se incluyen el peso propio de la estructura, las restantes cargas permanentes, las sobrecargas de uso, etc.

- *Acciones indirectas.* Son aquellas deformaciones o aceleraciones impuestas capaces de dar lugar, de un modo indirecto, a fuerzas. En este grupo se incluyen los efectos debidos a la temperatura, asientos de la cimentación, acciones reológicas, acciones sísmicas, etc.

## 2. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA NAVE INDUSTRIAL

### 2.1. DEFINICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA NAVE EN GENERADOR DE PÓRTICOS.

La aplicación *Generador de Pórticos* del paquete de programas CYPE nos permite de forma fácil y rápida definir e introducir las características geográficas y físicas del lugar donde se ubica la construcción y las dimensiones y rasgos generales más importantes de los pórticos que la componen.

Estos datos determinan las acciones sobre la edificación. Los cálculos de las acciones se realizan mediante el seguimiento de la normativa que le corresponde al lugar de la obra. En este proyecto, según el DB SE-AE del Código Técnico de la Edificación (CTE), actualizado hasta la revisión de 15 de abril de 2009 (BOE 23- abril-2009), según la Orden VIV/984/2009, por la que se modifican determinados documentos básicos del CTE aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el RD 1371/2007, de 19 de octubre. Este documento es el que tiene en cuenta CYPE en su versión 2013.

*Generador de Pórticos* también nos permite dimensionar las correas de cubierta y de los laterales. Una vez hemos definido una serie de parámetros del pórtico, podemos exportar el modelo creado al módulo Nuevo Metal 3D, también incluido en CYPE. En esta aplicación continuaremos la optimización del dimensionado y diseño de la estructura.

Para las construcciones con pórticos a 2 aguas adintelados con una separación entre correas media el método de cálculo con cargas uniformemente distribuidas de CYPE, en vez de cargas puntuales, no repercute en errores considerables en el dimensionado de las barras.

#### 2.1.1.PROCESO DE DISEÑO

Estableceremos 6 vanos con una separación entre pórticos de 5 metros.

Elegimos *cerramiento en cubierta*

En la sección *Combinaciones de cargas para cálculo de correas* la normativa elegida, es DB SE-AE del CTE.

Respecto al apartado correspondiente a los parámetros que determinarán el cálculo de la acción del viento, en Zona eólica, elegiremos la opción C. T.M. Villacañas (Toledo).

*Con la sobrecarga de nieve se basa en la Normativa para el cálculo de sobrecarga de nieve*, en la que define según el CTE DB-SE AE las características que determinan la acción de la nieve en la estructura.

Una vez dimensionadas las correas de la cubierta.

A continuación se exporta la obra a Nuevo Metal 3D (NM3D) para que continuemos calculando el resto de perfiles y la cimentación de la obra.

## 2.2. CÁLCULO DE LA NAVE CON NUEVO METAL 3D.

Una vez exportado el archivo de Generador de Porticos, vamos a hacer uso de otro de los programas del paquete CYPE version 2013, el Nuevo Metal 3D (NM3D). NM3D es un programa para realizar proyectos de estructuras tridimensionales de barras con perfiles de acero, aluminio y madera, incluyendo la cimentacion (zapatas, encepados, vigas centradoras y vigas de atado) y el sistema de arriostramiento frente a acciones horizontales, permitiendo tirantes que trabajan solo a traccion. Tambien permite disenar uniones y placas de anclaje en las estructuras metalicas.

### 2.2.1. DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA Y CÁLCULO DE UNIONES

Antes de empezar a dimensionar la estructura, estableceremos una serie de opciones que determinaran el tipo de uniones que habra entre las distintas piezas de la estructura portante. En el menu *Uniones*, seleccionamos En *Tornillería no pretensada* dejamos seleccionadas las series de tornillos ISO 4014, ISO 4017, clase de acero 8.8.

**Para la barra. Elegimos el IPE360, pues es el mas ligero de todos los que cumplen.**

**Para las barras del dintel elegimos el IPE 300.**

*Placas de anclaje.* seleccionaremos un acero laminado S275, un acero B 500 S con coeficiente de seguridad 1,15 para los pernos, y un hormigon HA-25 con  $\gamma_c=1,5$

### 2.2.2. CIMENTACIÓN

Seleccionamos *Zapata de hormigón armado*, y tras ello *Zapata rectangular centrada con un solo arranque*.

Cuando acabamos de dibujar todas las zapatas, pasamos al calculo de las *Viga de atado*.

Vemos en nuestro caso que tanto zapatas como vigas de atado cumplen ( ver en apartado de listados)

## 2.2. LISTADOS DE OBRA GENERALES

Con el fin de poder reunir en un mismo documento datos de comprobaciones, mediciones, cargas, desplazamientos, envolventes u otros datos relacionados con el proceso de calculo de la obra podemos elaborar listados de obra generales de toda la estructura. (Apartado de listados)

En base a los listados y a sus mediciones y calculos realizaremos unas tablas para calcular el total de material de cada tipo asi como para comparar las dimensiones de los distintos elementos utilizados dependiendo del tipo de portico usado en la nave y otras características como el grado de aprovechamiento de las barras o el desplome y flecha.

## LISTADOS

# LISTADO Nº 1: COMPROBACION DE CORREAS

Comprobación de resistencia

|   |
|---|
| Comprobación de resistencia                             |
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. |
| Aprovechamiento: 98,6 %                                 |

Barra pésima en cubierta

|   |   |                      |                           |                         |  |  |  |
|---|---|----------------------|---------------------------|-------------------------|--|--|--|
| <b>Perfil: IPE 100</b>  |   |                      |                           |                         |  |  |  |
| <b>Material: S275</b>   |   |                      |                           |                         |  |  |  |
|   | Nudos   | Longitud (m)         | Características mecánicas |                         |  |  |  |
|   | Inicial   |                      | Final                     | Área (cm <sup>2</sup> ) | I <sub>v</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> ) | I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> ) |
|   | 0.464, 30.000, 8.186  | 0.464, 25.000, 8.186 | 5.000                     | 10.30                   | 171.00   | 15.92  | 1.20   |
|   | Notas:<br><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado<br><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme |                      |                           |                         |  |  |  |
|   | Pandeo  |                      | Pandeo lateral            |                         |  |  |  |
|   | Plano XY  | Plano XZ             | Ala sup.                  | Ala inf.                |  |  |  |
| β   | 0.00  | 1.00                 | 0.00                      | 0.00                    |  |  |  |
| L <sub>K</sub>  | 0.000   | 5.000                | 0.000                     | 0.000                   |  |  |  |
| C <sub>m</sub>  | 1.000   | 1.000                | 1.000                     | 1.000                   |  |  |  |
| C <sub>1</sub>  | -   |                      | 1.000                     |                         |  |  |  |
| Notación:<br>β: Coeficiente de pandeo<br>L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m)<br>C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos<br>C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico |   |                      |                           |                         |  |  |  |

| Barra  | COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) |   |   |   |                    |   |                   |   |                               |                               |                                |  |   |                               | Estado               |                               |
|--|------------------------------|---|---|---|--------------------|---|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|---|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|
|  | $\bar{\lambda}$              | $\lambda_w$   | N <sub>t</sub>                                | N <sub>c</sub>                                | M <sub>y</sub>     | M <sub>z</sub>                                | V <sub>z</sub>    | V <sub>y</sub>                                | M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> | NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> | M <sub>t</sub>                                | M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> |                      | M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> |
| pésima en cubierta   | N.P. <sup>(1)</sup>          | x: 0.833 m<br>λ <sub>w</sub> ≤ λ <sub>w,máx</sub><br>Cumple | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(2)</sup> | N <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(3)</sup> | x: 5 m<br>η = 50.1 | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(4)</sup> | x: 5 m<br>η = 8.3 | V <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(5)</sup> | x: 0.833 m<br>η < 0.1         | N.P. <sup>(6)</sup>           | N.P. <sup>(7)</sup>            | N.P. <sup>(8)</sup>  | M <sub>Ed</sub> = 0.00<br>N.P. <sup>(9)</sup> | N.P. <sup>(10)</sup>          | N.P. <sup>(10)</sup> | <b>CUMPLE</b><br>η = 50.1     |
| Notación:<br>λ̄: Limitación de esbeltez<br>λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida<br>N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción<br>N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión<br>M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y<br>M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z<br>V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z<br>V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y<br>M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados<br>M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados<br>NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados<br>M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión<br>M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados<br>M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados<br>x: Distancia al origen de la barra<br>η: Coeficiente de aprovechamiento (%)<br>N.P.: No procede   |                              |   |   |   |                    |   |                   |   |                               |                               |                                |  |   |                               |                      |                               |
| Comprobaciones que no proceden (N.P.):<br><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.<br><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.<br><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.<br><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.<br><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.<br><sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(8)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.<br><sup>(9)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.<br><sup>(10)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. |                              |   |   |   |                    |   |                   |   |                               |                               |                                |  |   |                               |                      |                               |

## Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

**21.61 ≤ 246.60** ✓

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 88.60 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 4.10 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 3.63 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 3.14 cm<sup>2</sup>

**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

**k** : 0.30

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub>** : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

**η : 0.501** ✓

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.464, 25.000, 8.186, para la combinación de acciones 1.35\*G1 + 1.35\*G2 + 1.50\*Q.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 5.17 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

**M<sub>c,Rd</sub>** : 10.32 kN·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor **W<sub>pl,y</sub>** : 39.41 cm<sup>3</sup>

tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta$  : 0.083 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.464, 25.000, 8.186, para la combinación de acciones 1.35\*G1 + 1.35\*G2 + 1.50\*Q.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 5.17 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 62.00 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 4.10 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 100.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 4.10 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

**21.61 < 64.71**

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_w$  : 21.61

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 64.71

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

$\varepsilon$  : 0.92

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 275.00 MPa

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.176 \leq 3.160$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo 0.464, 30.000, 8.186, para la combinación de acciones 1.35\*G1 + 1.35\*G2 + 1.50\*Q.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 1.72 kN

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 62.00 kN

### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Comprobación de flecha

| Comprobación de flecha  |
|---|
| El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.<br>Porcentajes de aprovechamiento:<br>- Flecha: 98.11 % |

Coordenadas del nudo inicial: 19.536, 0.000, 8.186

Coordenadas del nudo final: 19.536, 5.000, 8.186

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(R) 1 + 1.00 \cdot V(180^\circ) H2$  a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

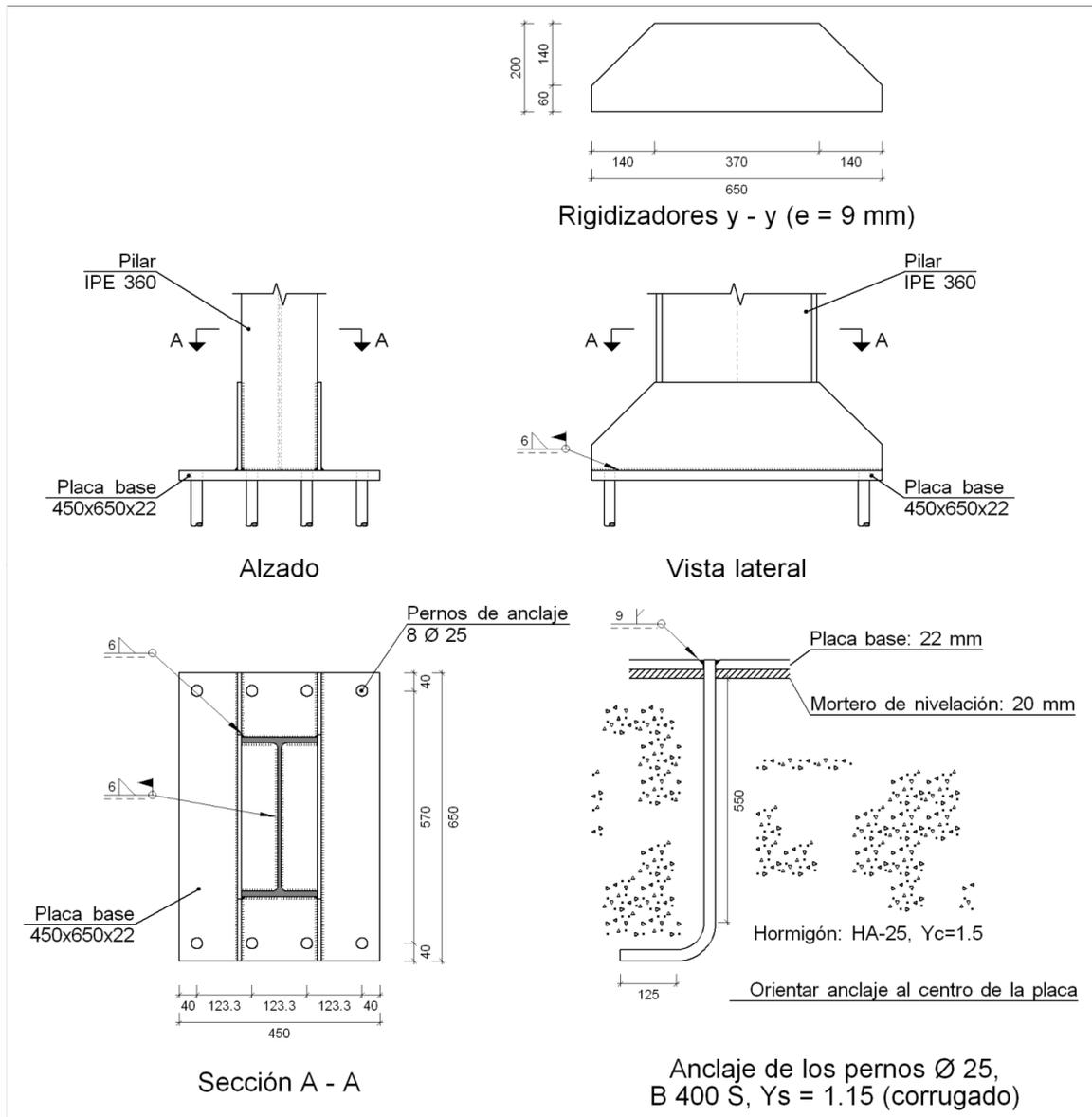
( $I_y = 171 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 16 \text{ cm}^4$ )

# LISTADOS Nº2: UNIONES DE NUDOS

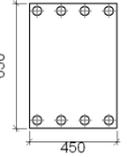
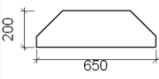
## Uniones en el nudo N1

### 1.- TIPO 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |   |            |            |              |          |                        |                        |            |       |             |             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría   |            |            |              | Cantidad | Taladros               |                        |            | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) |          | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base                |  | 450        | 650        | 22           | 8        | 47                     | 27                     | 11         | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Rigidizador               |  | 650        | 200        | 9            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0       | 430.0       |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 360

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

| Soldaduras en ángulo                                  |        |                        |                      |                   |             |            |                        |            |             |           |
|---|--------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|------------|-------------|-----------|
| Descripción   | a (mm) | Tensión de Von Mises   |                      |                   |             |            | Tensión normal         |            | $f_u$ (MPa) | $\beta_w$ |
|   |        | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{//}$ (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | Aprov. (%) |             |           |
| Soldadura de perno en placa de anclaje <sup>(*)</sup> | 9      | 0.0                    | 0.0                  | 173.0             | 299.7       | 74.04      | 0.0                    | 0.00       | 430.0       | 0.85      |

<sup>(\*)</sup>Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

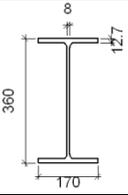
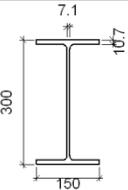
d) Medición

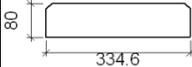
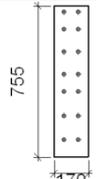
| <b>Soldaduras</b> |                        |  |                             |                              |
|-------------------|------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa)    | Ejecución              | Tipo   | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 430.0             | En taller              | En ángulo  | 6                           | 800                          |
|                   |                        | A tope en bisel simple<br>con talón de raíz amplio | 9                           | 628                          |
|                   | En el lugar de montaje | En ángulo  | 6                           | 3078                         |

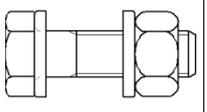
| <b>Placas de anclaje</b>          |                        |          |                                  |              |
|-----------------------------------|------------------------|----------|----------------------------------|--------------|
| Material                          | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm)              | Peso<br>(kg) |
| S275                              | Placa base             | 1        | 450x650x22                       | 50.51        |
|                                   | Rigidizadores pasantes | 2        | 650/370x200/60x9                 | 15.60        |
|                                   |                        |          |                                  | Total        |
| B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado) | Pernos de anclaje      | 8        | $\varnothing 25 - L = 592 + 243$ | 25.73        |
|                                   |                        |          |                                  | Total        |



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | IPE 360     |  | 360              | 170                | 12.7                 | 8                     | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Viga     | IPE 300     |  | 300              | 150                | 10.7                 | 7.1                   | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos complementarios   |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                 |  | 334.6      | 80         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Chapa frontal: Viga IPE 300 |  | 170        | 755        | 14           | 14       | 18            | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos de tornillería  |            |   |          |               |       |             |             |
|---|------------|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Pretensado | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   |            | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| EN 14399-3-M16x55-10.9-HR<br>EN 14399-3-M16-10-HR<br>2 EN14399-6-16 | X          |  | M16      | 55            | 10.9  | 900.0       | 1000.0      |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 360

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltez             | -        | 41.83   | 64.71      | 64.64      |
|                               | Cortante             | kN       | 569.533 | 725.134    | 78.54      |
| Ala                           | Tracción por flexión | kN       | 54.005  | 86.979     | 62.09      |
|                               | Tracción             | kN       | 41.902  | 256.880    | 16.31      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 77.340  | 158.517    | 48.79      |

| Soldaduras en ángulo                          |        |                      |                      |                       |             |            |                      |            |                      |                |  |
|---|--------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------|------------|----------------------|------------|----------------------|----------------|--|
| Descripción                                   | a (mm) | Tensión de Von Mises |                      |                       |             |            | Tensión normal       |            | f <sub>u</sub> (MPa) | β <sub>w</sub> |  |
|   |        | σ <sub>⊥</sub> (MPa) | τ <sub>⊥</sub> (MPa) | τ <sub>//</sub> (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (MPa) | Aprov. (%) |                      |                |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 5      | 131.6                | 131.6                | 0.0                   | 263.1       | 65.02      | 131.6                | 38.25      | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 4      | 0.0                  | 0.0                  | 50.6                  | 87.7        | 21.67      | 0.0                  | 0.00       | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 5      | 155.2                | 155.2                | 0.0                   | 310.4       | 76.69      | 155.2                | 45.11      | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 4      | 0.0                  | 0.0                  | 59.7                  | 103.4       | 25.55      | 0.0                  | 0.00       | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 5      | 131.6                | 131.6                | 0.0                   | 263.1       | 65.02      | 131.6                | 38.25      | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 4      | 0.0                  | 0.0                  | 50.6                  | 87.7        | 21.67      | 0.0                  | 0.00       | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 5      | 155.2                | 155.2                | 0.0                   | 310.4       | 76.69      | 155.2                | 45.11      | 430.0                | 0.85           |  |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 4      | 0.0                  | 0.0                  | 59.7                  | 103.4       | 25.55      | 0.0                  | 0.00       | 430.0                | 0.85           |  |

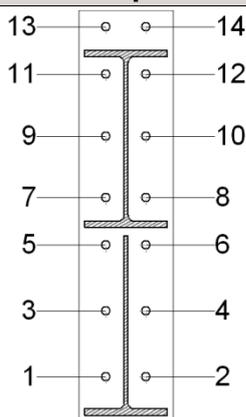
2) Viga IPE 300

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 54.005  | 60.466     | 89.31      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 303.084 | 498.442    | 60.81      |
|                               | Tracción             | kN       | 78.165  | 210.179    | 37.19      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 77.340  | 183.158    | 42.23      |

| <b>Soldaduras en ángulo</b>                      |           |  |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |
|--|-----------|--|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Descripción                                      | a<br>(mm) | Tensión de Von Mises   |                         |                          |                |               | Tensión normal          |               | f <sub>u</sub><br>(MPa) | β <sub>w</sub> |
|  |           | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa)  | τ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | τ <sub>//</sub><br>(MPa) | Valor<br>(MPa) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | Aprov.<br>(%) |                         |                |
| Soldadura del ala superior                       | 5         | 89.1   | 131.5                   | 0.6                      | 244.6          | 60.45         | 138.7                   | 40.33         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma                               | 3         | 109.0  | 109.0                   | 29.4                     | 223.8          | 55.30         | 109.0                   | 31.68         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior                       | 5         | 41.2   | 27.9                    | 0.3                      | 63.5           | 15.68         | 41.2                    | 11.97         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela                 | 3         | 120.7  | 120.7                   | 29.4                     | 246.7          | 60.97         | 120.7                   | 35.09         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela                  | 5         | 89.2   | 162.5                   | 0.1                      | 295.3          | 72.97         | 154.4                   | 44.88         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela al ala inferior | 5         | 0.0  | 0.0                     | 13.0                     | 22.5           | 5.56          | 0.0                     | 0.00          | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela al ala inferior  | 7         | Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir. |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |

**Comprobaciones para los tornillos**

**Comprobaciones para los tornillos**



| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                           |                 |
| 1        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.421     | 113.040         | 90.61      | 27.66                                | 90.61           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 38.670      | 232.886         | 16.60      |                                      |                 |
| 2        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.421     | 113.040         | 90.61      | 27.66                                | 90.61           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 38.670      | 232.886         | 16.60      |                                      |                 |
| 3        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.832     | 113.040         | 90.09      | 27.66                                | 90.09           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 29.609      | 232.886         | 12.71      |                                      |                 |
| 4        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.832     | 113.040         | 90.09      | 27.66                                | 90.09           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 29.609      | 232.886         | 12.71      |                                      |                 |
| 5        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.244     | 113.040         | 89.56      | 27.66                                | 89.56           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 20.547      | 232.886         | 8.82       |                                      |                 |
| 6        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.244     | 113.040         | 89.56      | 27.66                                | 89.56           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 20.547      | 232.886         | 8.82       |                                      |                 |
| 7        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.544     | 113.040         | 89.83      | 27.66                                | 89.83           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 25.177      | 232.886         | 10.81      |                                      |                 |
| 8        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.544     | 113.040         | 89.83      | 27.66                                | 89.83           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 25.177      | 232.886         | 10.81      |                                      |                 |
| 9        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.221     | 113.040         | 90.43      | 27.66                                | 90.43           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 35.595      | 232.886         | 15.28      |                                      |                 |
| 10       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.221     | 113.040         | 90.43      | 27.66                                | 90.43           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 35.595      | 232.886         | 15.28      |                                      |                 |
| 11       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.898     | 113.040         | 91.03      | 27.66                                | 91.03           |

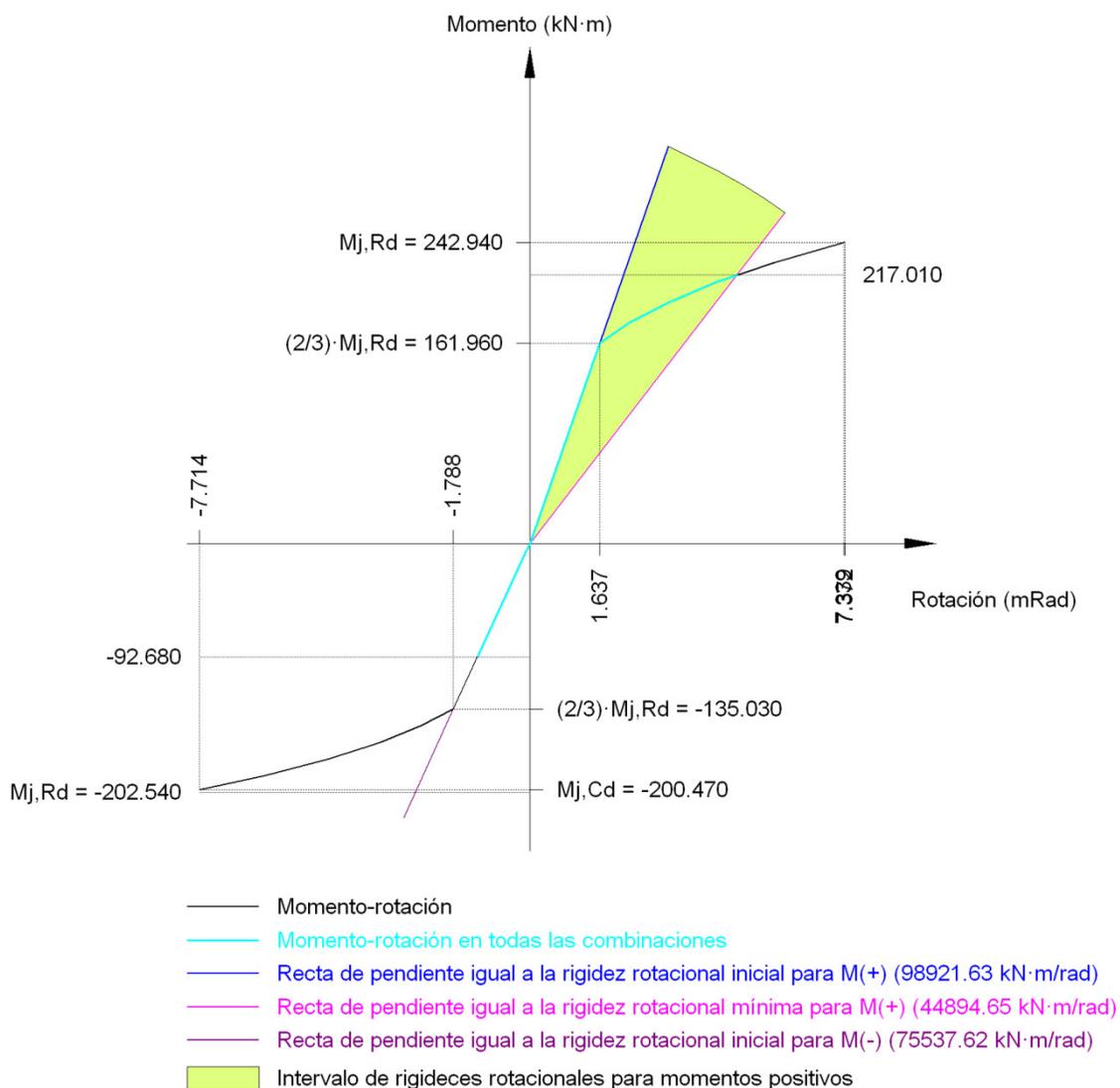
Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                           |                 |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 46.014      | 232.886         | 19.76      |                                      |                 |
| 12       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.898     | 113.040         | 91.03      | 27.66                                | 91.03           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 46.014      | 232.886         | 19.76      |                                      |                 |
| 13       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 103.417     | 113.040         | 91.49      | 27.66                                | 91.49           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 99.819          | 7.31       | Punzonamiento | 54.005      | 232.886         | 23.19      |                                      |                 |
| 14       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 103.417     | 113.040         | 91.49      | 27.66                                | 91.49           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 99.819          | 7.31       | Punzonamiento | 54.005      | 232.886         | 23.19      |                                      |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 7191.33             | 98921.63            |
| Calculada para momentos negativos | 7191.33             | 75537.62            |

**Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz**

**Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz**



d) Medición

| Soldaduras     |           |           |                             |                              |
|----------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 430.0          | En taller | En ángulo | 3                           | 1159                         |
|                |           |           | 4                           | 2474                         |
|                |           |           | 5                           | 4933                         |
|                |           |           | 7                           | 150                          |

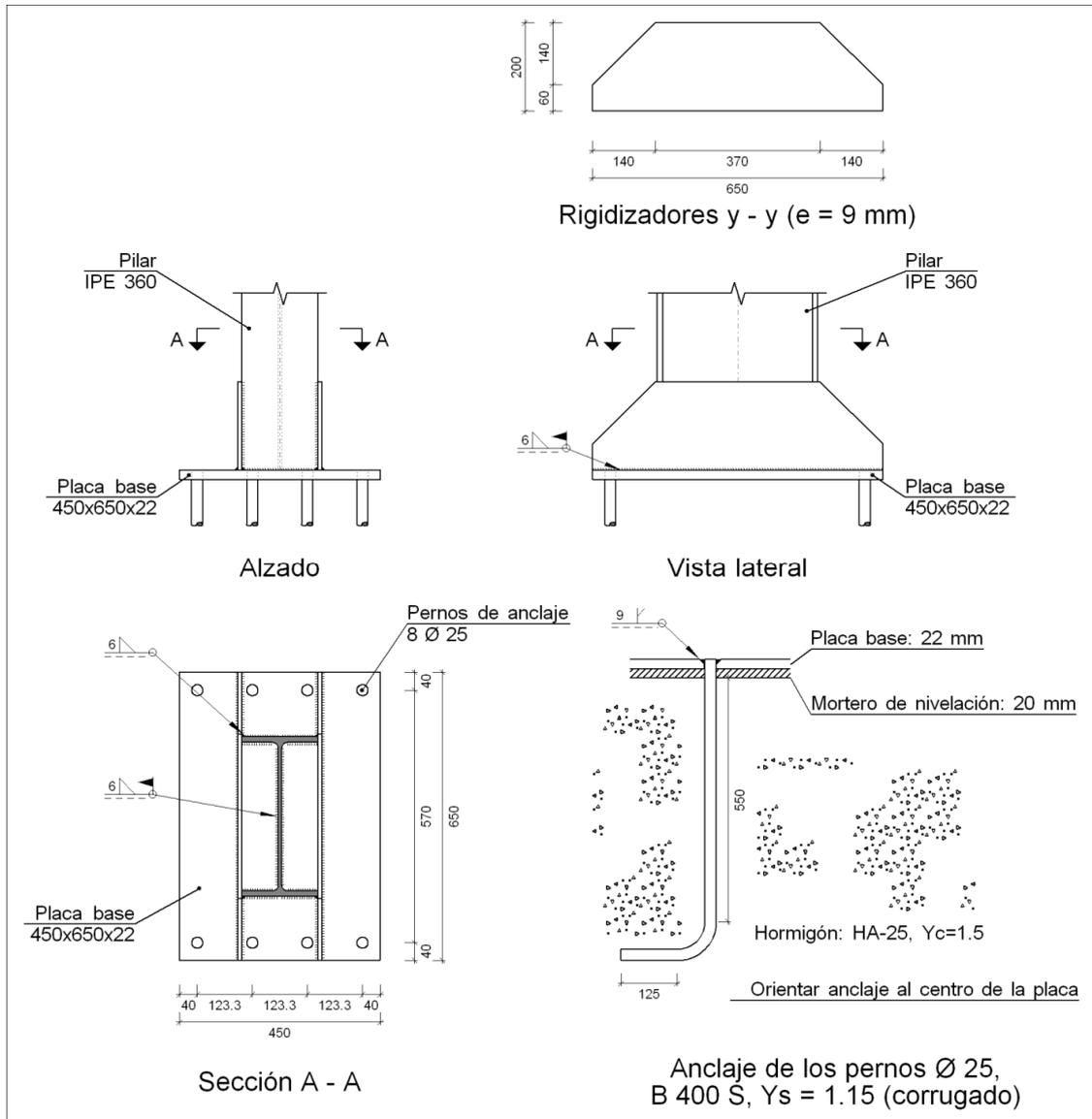
| <b>Chapas</b> |               |          |                  |           |
|---------------|---------------|----------|------------------|-----------|
| Material      | Tipo          | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275          | Rigidizadores | 4        | 334x80x12        | 10.09     |
|               | Chapas        | 1        | 170x755x14       | 14.11     |
|               |               |          |                  | Total     |

| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                      |
|---------------------------------|---------------|----------|----------------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción          |
| Tornillos                       | Clase 10.9    | 14       | EN 14399-3-M16x55-HR |
| Tuercas                         | Clase 10      | 14       | EN 14399-3-M16-HR    |
| Arandelas                       | Dureza 300 HV | 28       | EN14399-6-16         |

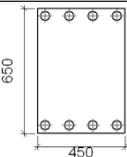
## Uniones en el nudo N3.

### 1.- TIPO 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Elementos complementarios |   |            |            |              |          |                        |                        |            |       |             |             |
|---------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|------------------------|------------------------|------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                     | Geometría   |            |            |              | Taladros |                        |                        |            | Acero |             |             |
|                           | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro exterior (mm) | Diámetro interior (mm) | Bisel (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Placa base                |  | 450        | 650        | 22           | 8        | 47                     | 27                     | 11         | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Rigidizador               |  | 650        | 200        | 9            | -        | -                      | -                      | -          | S275  | 275.0       | 430.0       |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 360

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

| Soldaduras en ángulo                                  |        |                        |                      |                   |             |            |                        |            |             |           |
|---|--------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|------------|-------------|-----------|
| Descripción   | a (mm) | Tensión de Von Mises   |                      |                   |             |            | Tensión normal         |            | $f_u$ (MPa) | $\beta_w$ |
|   |        | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{//}$ (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | Aprov. (%) |             |           |
| Soldadura de perno en placa de anclaje <sup>(*)</sup> | 9      | 0.0                    | 0.0                  | 173.0             | 299.7       | 74.04      | 0.0                    | 0.00       | 430.0       | 0.85      |

<sup>(\*)</sup>Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplia comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

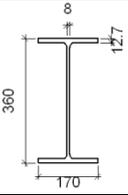
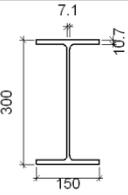
d) Medición

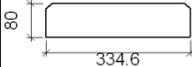
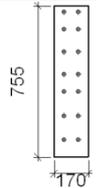
| <b>Soldaduras</b> |                        |  |                             |                              |
|-------------------|------------------------|--|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa)    | Ejecución              | Tipo   | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 430.0             | En taller              | En ángulo  | 6                           | 800                          |
|                   |                        | A tope en bisel simple<br>con talón de raíz amplio | 9                           | 628                          |
|                   | En el lugar de montaje | En ángulo  | 6                           | 3078                         |

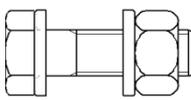
| <b>Placas de anclaje</b>          |                        |          |                                  |              |
|-----------------------------------|------------------------|----------|----------------------------------|--------------|
| Material                          | Elementos              | Cantidad | Dimensiones<br>(mm)              | Peso<br>(kg) |
| S275                              | Placa base             | 1        | 450x650x22                       | 50.51        |
|                                   | Rigidizadores pasantes | 2        | 650/370x200/60x9                 | 15.60        |
|                                   | Total                  |          |                                  | 66.11        |
| B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado) | Pernos de anclaje      | 8        | $\varnothing 25 - L = 592 + 243$ | 25.73        |
|                                   | Total                  |          |                                  | 25.73        |



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles |             |   |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|----------|-------------|---|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza    | Descripción | Esquema   | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|          |             |   | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Pilar    | IPE 360     |  | 360              | 170                | 12.7                 | 8                     | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Viga     | IPE 300     |  | 300              | 150                | 10.7                 | 7.1                   | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos complementarios   |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|-----------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                       | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                             | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Rigidizador                 |  | 334.6      | 80         | 12           | -        | -             | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Chapa frontal: Viga IPE 300 |  | 170        | 755        | 14           | 14       | 18            | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos de tornillería  |            |   |          |               |       |             |             |
|---|------------|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Pretensado | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   |            | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| EN 14399-3-M16x55-10.9-HR<br>EN 14399-3-M16-10-HR<br>2 EN14399-6-16 | X          |  | M16      | 55            | 10.9  | 900.0       | 1000.0      |

c) Comprobación

1) Pilar IPE 360

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Panel                         | Esbeltez             | -        | 41.83   | 64.71      | 64.64      |
|                               | Cortante             | kN       | 569.533 | 725.134    | 78.54      |
| Ala                           | Tracción por flexión | kN       | 54.005  | 86.979     | 62.09      |
|                               | Tracción             | kN       | 41.902  | 256.880    | 16.31      |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 77.340  | 158.517    | 48.79      |

| Soldaduras en ángulo                          |        |                        |                      |                   |             |            |                        |            |             |           |
|---|--------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|------------|-------------|-----------|
| Descripción                                   | a (mm) | Tensión de Von Mises   |                      |                   |             |            | Tensión normal         |            | $f_u$ (MPa) | $\beta_w$ |
|   |        | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{//}$ (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | Aprov. (%) |             |           |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 5      | 131.6                  | 131.6                | 0.0               | 263.1       | 65.02      | 131.6                  | 38.25      | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 4      | 0.0                    | 0.0                  | 50.6              | 87.7        | 21.67      | 0.0                    | 0.00       | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 5      | 155.2                  | 155.2                | 0.0               | 310.4       | 76.69      | 155.2                  | 45.11      | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma    | 4      | 0.0                    | 0.0                  | 59.7              | 103.4       | 25.55      | 0.0                    | 0.00       | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior a las alas | 5      | 131.6                  | 131.6                | 0.0               | 263.1       | 65.02      | 131.6                  | 38.25      | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador superior al alma    | 4      | 0.0                    | 0.0                  | 50.6              | 87.7        | 21.67      | 0.0                    | 0.00       | 430.0       | 0.85      |
| Soldadura del rigidizador inferior a las alas | 5      | 155.2                  | 155.2                | 0.0               | 310.4       | 76.69      | 155.2                  | 45.11      | 430.0       | 0.85      |

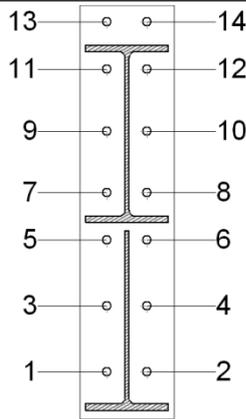
| <b>Soldaduras en ángulo</b>                |           |                         |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |
|--|-----------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Descripción                                | a<br>(mm) | Tensión de Von Mises    |                         |                          |                |               | Tensión normal          |               | f <sub>u</sub><br>(MPa) | β <sub>w</sub> |
|  |           | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | τ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | τ <sub>//</sub><br>(MPa) | Valor<br>(MPa) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | Aprov.<br>(%) |                         |                |
| Soldadura del rigidizador inferior al alma | 4         | 0.0                     | 0.0                     | 59.7                     | 103.4          | 25.55         | 0.0                     | 0.00          | 430.0                   | 0.85           |

2) Viga IPE 300

| <b>Comprobaciones de resistencia</b> |                      |          |         |            |            |
|--------------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                           | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                        | Tracción por flexión | kN       | 54.005  | 60.466     | 89.31      |
| Ala                                  | Compresión           | kN       | 303.084 | 498.442    | 60.81      |
|                                      | Tracción             | kN       | 78.165  | 210.179    | 37.19      |
| Alma                                 | Tracción             | kN       | 77.340  | 183.158    | 42.23      |

| <b>Soldaduras en ángulo</b>                      |           |  |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |
|--|-----------|--|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Descripción                                      | a<br>(mm) | Tensión de Von Mises   |                         |                          |                |               | Tensión normal          |               | f <sub>u</sub><br>(MPa) | β <sub>w</sub> |
|  |           | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa)  | τ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | τ <sub>//</sub><br>(MPa) | Valor<br>(MPa) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | Aprov.<br>(%) |                         |                |
| Soldadura del ala superior                       | 5         | 89.1   | 131.5                   | 0.6                      | 244.6          | 60.45         | 138.7                   | 40.33         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma                               | 3         | 109.0  | 109.0                   | 29.4                     | 223.8          | 55.30         | 109.0                   | 31.68         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior                       | 5         | 41.2   | 27.9                    | 0.3                      | 63.5           | 15.68         | 41.2                    | 11.97         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela                 | 3         | 120.7  | 120.7                   | 29.4                     | 246.7          | 60.97         | 120.7                   | 35.09         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela                  | 5         | 89.2   | 162.5                   | 0.1                      | 295.3          | 72.97         | 154.4                   | 44.88         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela al ala inferior | 5         | 0.0  | 0.0                     | 13.0                     | 22.5           | 5.56          | 0.0                     | 0.00          | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela al ala inferior  | 7         | Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir. |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |

**Comprobaciones para los tornillos**

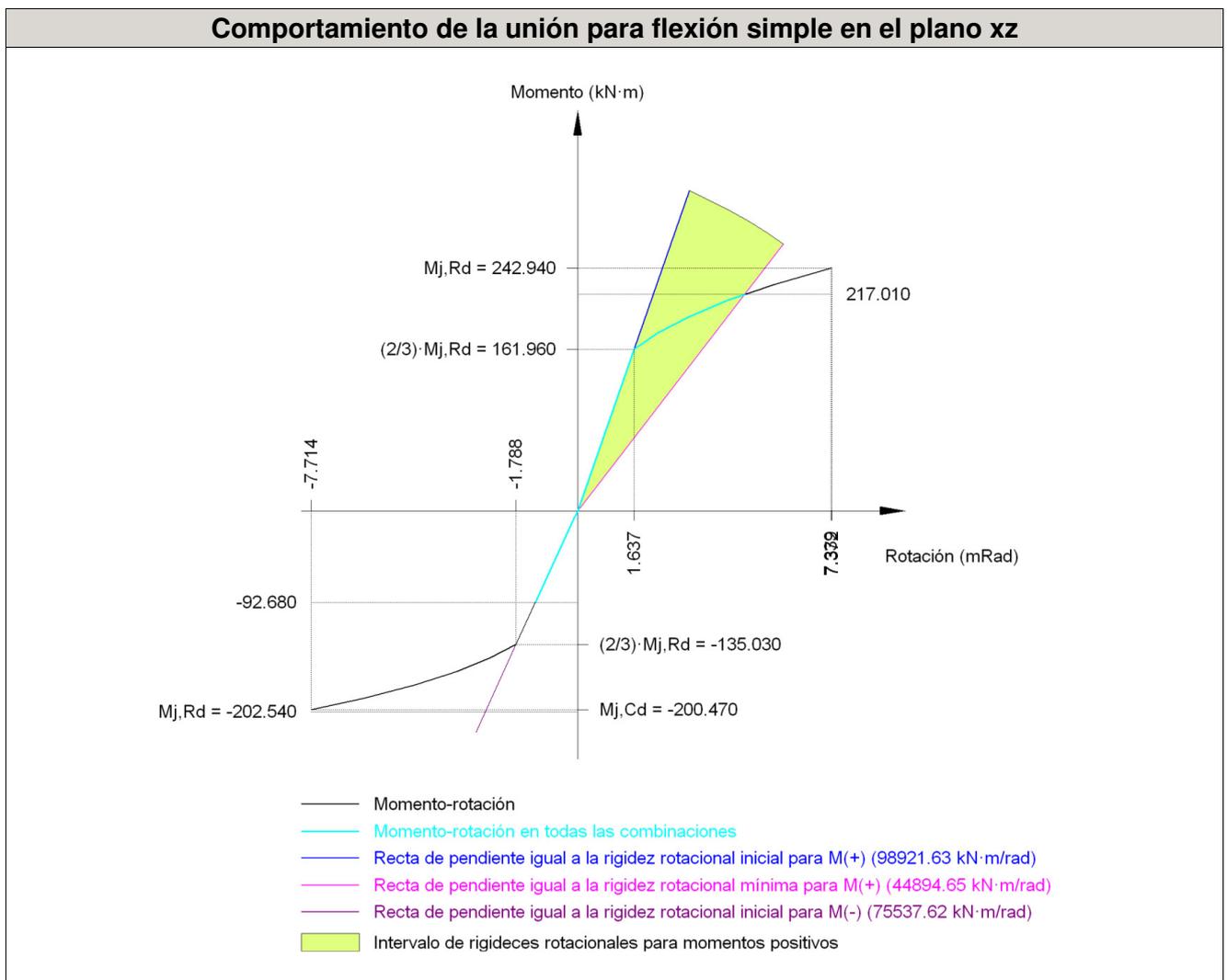


| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                           |                 |
| 1        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.421     | 113.040         | 90.61      | 27.66                                | 90.61           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 38.670      | 232.886         | 16.60      |                                      |                 |
| 2        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.421     | 113.040         | 90.61      | 27.66                                | 90.61           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 38.670      | 232.886         | 16.60      |                                      |                 |
| 3        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.832     | 113.040         | 90.09      | 27.66                                | 90.09           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 29.609      | 232.886         | 12.71      |                                      |                 |
| 4        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.832     | 113.040         | 90.09      | 27.66                                | 90.09           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 29.609      | 232.886         | 12.71      |                                      |                 |
| 5        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.244     | 113.040         | 89.56      | 27.66                                | 89.56           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 20.547      | 232.886         | 8.82       |                                      |                 |
| 6        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.244     | 113.040         | 89.56      | 27.66                                | 89.56           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 20.547      | 232.886         | 8.82       |                                      |                 |
| 7        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.544     | 113.040         | 89.83      | 27.66                                | 89.83           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 25.177      | 232.886         | 10.81      |                                      |                 |
| 8        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 101.544     | 113.040         | 89.83      | 27.66                                | 89.83           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 25.177      | 232.886         | 10.81      |                                      |                 |
| 9        | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.221     | 113.040         | 90.43      | 27.66                                | 90.43           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 35.595      | 232.886         | 15.28      |                                      |                 |
| 10       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.221     | 113.040         | 90.43      | 27.66                                | 90.43           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 35.595      | 232.886         | 15.28      |                                      |                 |
| 11       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.898     | 113.040         | 91.03      | 27.66                                | 91.03           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 46.014      | 232.886         | 19.76      |                                      |                 |
| 12       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 102.898     | 113.040         | 91.03      | 27.66                                | 91.03           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 174.752         | 4.17       | Punzonamiento | 46.014      | 232.886         | 19.76      |                                      |                 |
| 13       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 103.417     | 113.040         | 91.49      | 27.66                                | 91.49           |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Aprov. (%)                           |                 |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 99.819          | 7.31       | Punzonamiento | 54.005      | 232.886         | 23.19      |                                      |                 |
| 14       | M16      | Deslizamiento | 7.295       | 26.376          | 27.66      | Vástago       | 103.417     | 113.040         | 91.49      | 27.66                                | 91.49           |
|          |          | Aplastamiento | 7.295       | 99.819          | 7.31       | Punzonamiento | 54.005      | 232.886         | 23.19      |                                      |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 7191.33             | 98921.63            |
| Calculada para momentos negativos | 7191.33             | 75537.62            |



d) Medición

| <b>Soldaduras</b> |           |           |                             |                              |
|-------------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa)    | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 430.0             | En taller | En ángulo | 3                           | 1159                         |
|                   |           |           | 4                           | 2474                         |
|                   |           |           | 5                           | 4933                         |
|                   |           |           | 7                           | 150                          |

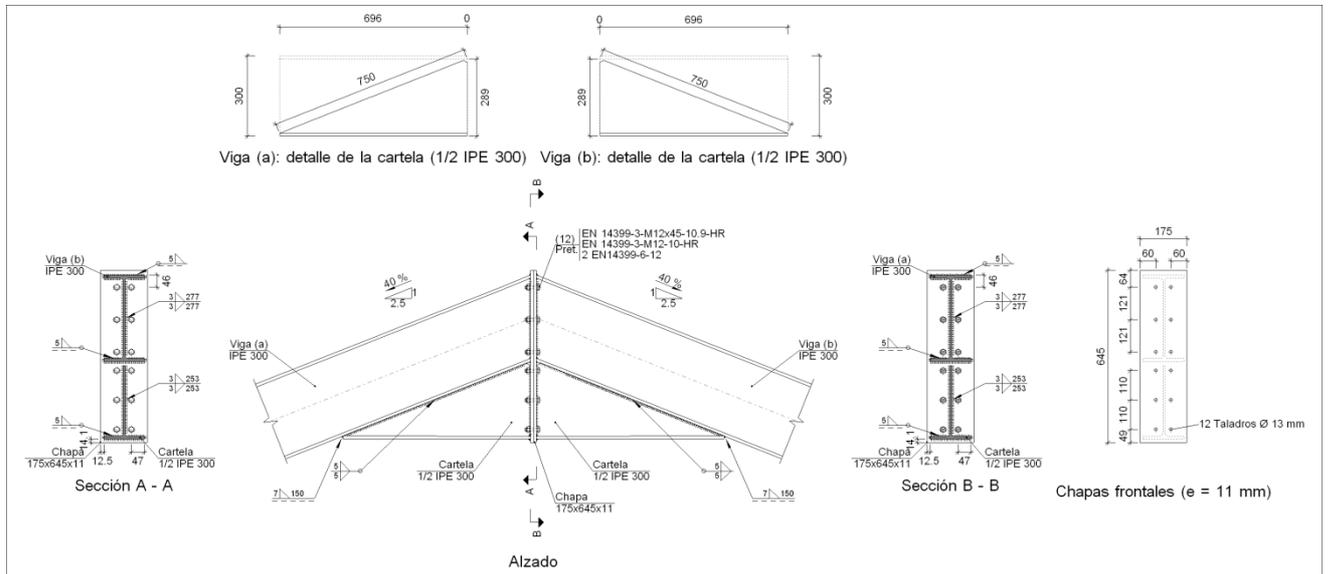
| <b>Chapas</b> |               |          |                     |              |
|---------------|---------------|----------|---------------------|--------------|
| Material      | Tipo          | Cantidad | Dimensiones<br>(mm) | Peso<br>(kg) |
| S275          | Rigidizadores | 4        | 334x80x12           | 10.09        |
|               | Chapas        | 1        | 170x755x14          | 14.11        |
|               |               |          |                     | Total        |

| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                      |
|---------------------------------|---------------|----------|----------------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción          |
| Tornillos                       | Clase 10.9    | 14       | EN 14399-3-M16x55-HR |
| Tuercas                         | Clase 10      | 14       | EN 14399-3-M16-HR    |
| Arandelas                       | Dureza 300 HV | 28       | EN14399-6-16         |

## Uniones en el nudo N5.

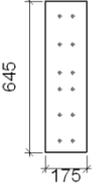
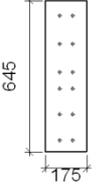
### 1.- TIPO 3

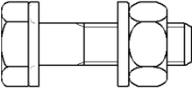
#### a) Detalle



#### b) Descripción de los componentes de la unión

|       |             | Perfiles |                  |                    |                      |                       |       |             |             |
|-------|-------------|----------|------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza | Descripción | Esquema  | Geometría        |                    |                      |                       | Acero |             |             |
|       |             |          | Canto total (mm) | Ancho del ala (mm) | Espesor del ala (mm) | Espesor del alma (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Viga  | IPE 300     |          | 300              | 150                | 10.7                 | 7.1                   | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos complementarios          |   |            |            |              |          |               |       |             |             |
|------------------------------------|---|------------|------------|--------------|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Pieza                              | Geometría   |            |            |              | Taladros |               | Acero |             |             |
|                                    | Esquema   | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Cantidad | Diámetro (mm) | Tipo  | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| Chapa frontal: Viga (a)<br>IPE 300 |  | 175        | 645        | 11           | 12       | 13            | S275  | 275.0       | 430.0       |
| Chapa frontal: Viga (b)<br>IPE 300 |  | 175        | 645        | 11           | 12       | 13            | S275  | 275.0       | 430.0       |

| Elementos de tornillería  |            |   |          |               |       |             |             |
|---|------------|---|----------|---------------|-------|-------------|-------------|
| Descripción   | Pretensado | Geometría   |          |               | Acero |             |             |
|   |            | Esquema   | Diámetro | Longitud (mm) | Clase | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
| EN 14399-3-M12x45-10.9-HR<br>EN 14399-3-M12-10-HR<br>2 EN14399-6-12 | X          |  | M12      | 45            | 10.9  | 900.0       | 1000.0      |

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 300

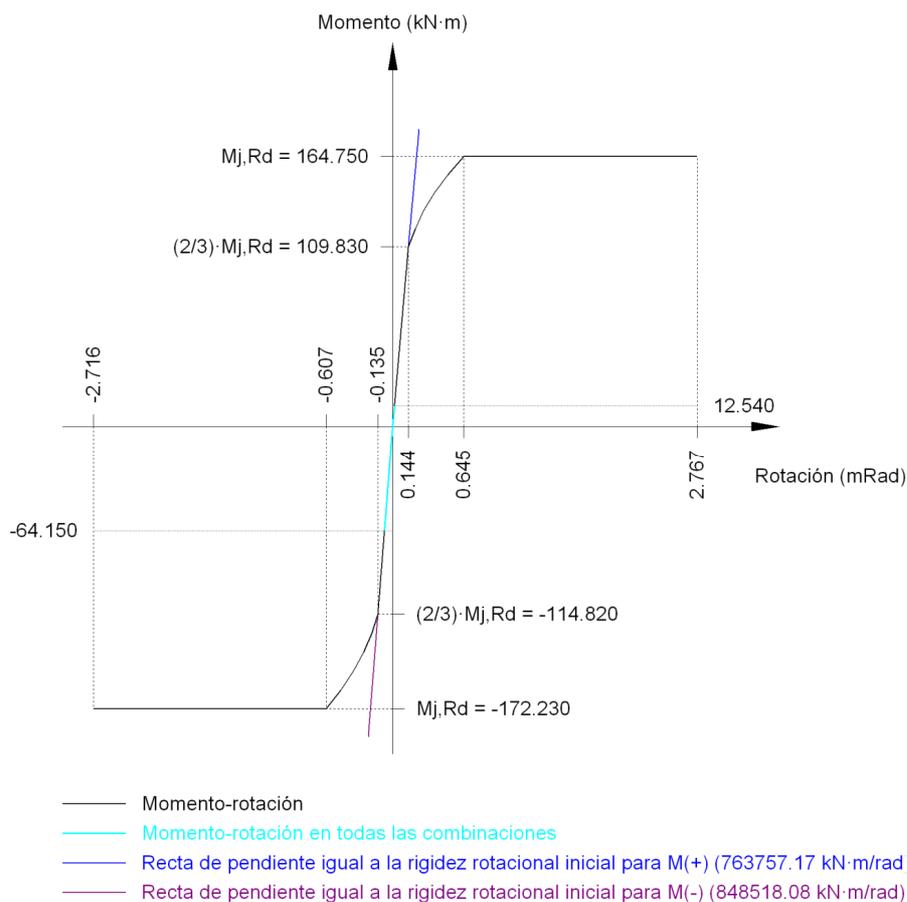
| Comprobaciones de resistencia |                      |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 23.846  | 60.696     | 39.29      |
| Ala                           | Aplastamiento        | kN       | 130.425 | 452.738    | 28.81      |
|                               | Tracción             | kN       | 12.563  | 164.319    | 7.65       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 37.931  | 128.726    | 29.47      |

| <b>Soldaduras en ángulo</b>                      |           |  |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |
|--|-----------|--|-------------------------|--------------------------|----------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|----------------|
| Descripción                                      | a<br>(mm) | Tensión de Von Mises   |                         |                          |                |               | Tensión normal          |               | f <sub>u</sub><br>(MPa) | β <sub>w</sub> |
|  |           | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa)  | τ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | τ <sub>//</sub><br>(MPa) | Valor<br>(MPa) | Aprov.<br>(%) | σ <sub>⊥</sub><br>(MPa) | Aprov.<br>(%) |                         |                |
| Soldadura del ala superior                       | 5         | 37.3   | 55.1                    | 0.6                      | 102.4          | 25.31         | 52.5                    | 15.26         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma                               | 3         | 43.6   | 43.6                    | 0.4                      | 87.2           | 21.55         | 43.6                    | 12.68         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior                       | 5         | 13.5   | 19.9                    | 0.0                      | 37.0           | 9.15          | 18.7                    | 5.42          | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela                 | 3         | 61.5   | 61.5                    | 0.2                      | 122.9          | 30.37         | 61.5                    | 17.87         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela                  | 5         | 36.9   | 36.9                    | 0.0                      | 73.8           | 18.22         | 36.9                    | 10.72         | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela al ala inferior | 5         | 0.0  | 0.0                     | 4.3                      | 7.5            | 1.85          | 0.0                     | 0.00          | 430.0                   | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela al ala inferior  | 7         | Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir. |                         |                          |                |               |                         |               |                         |                |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy<br>(kN·m/rad) | Plano xz<br>(kN·m/rad) |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Calculada para momentos positivos | 64913.83               | 763757.17              |
| Calculada para momentos negativos | 64913.83               | 848518.08              |

### Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

### Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz

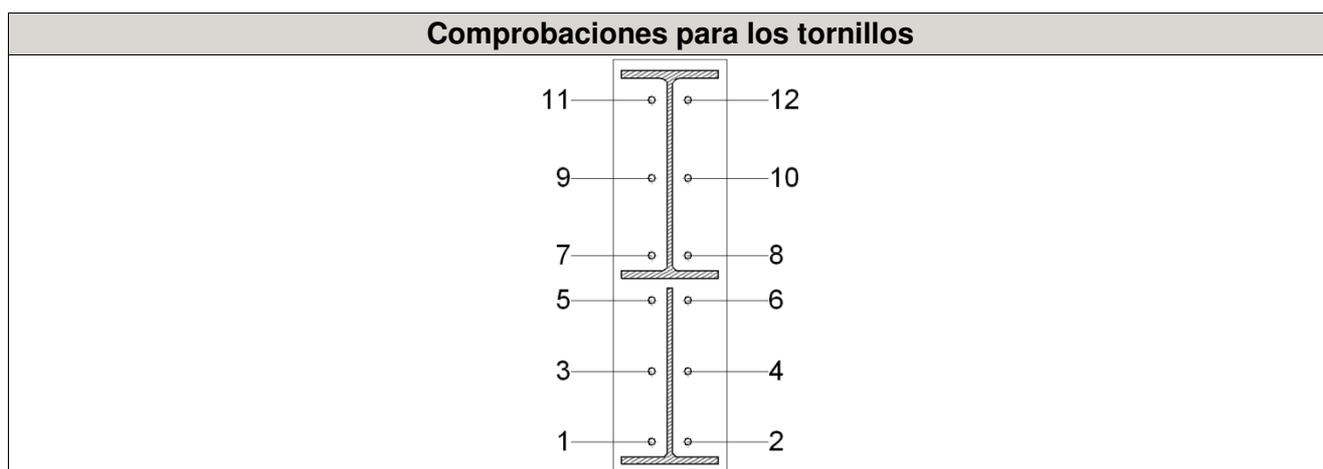


## 2) Viga (b) IPE 300

| Comprobaciones de resistencia |                      |          |         |            |            |
|-------------------------------|----------------------|----------|---------|------------|------------|
| Componente                    | Comprobación         | Unidades | Pésimo  | Resistente | Aprov. (%) |
| Chapa frontal                 | Tracción por flexión | kN       | 23.846  | 60.696     | 39.29      |
| Ala                           | Compresión           | kN       | 130.425 | 452.738    | 28.81      |
|                               | Tracción             | kN       | 12.563  | 164.319    | 7.65       |
| Alma                          | Tracción             | kN       | 37.931  | 128.726    | 29.47      |

| Soldaduras en ángulo       |        |                        |                      |                   |             |            |                        |            |             |           |
|----------------------------|--------|------------------------|----------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|------------|-------------|-----------|
| Descripción                | a (mm) | Tensión de Von Mises   |                      |                   |             |            | Tensión normal         |            | $f_u$ (MPa) | $\beta_w$ |
|                            |        | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{\perp}$ (MPa) | $\tau_{//}$ (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | $\sigma_{\perp}$ (MPa) | Aprov. (%) |             |           |
| Soldadura del ala superior | 5      | 37.3                   | 55.1                 | 0.6               | 102.4       | 25.31      | 52.5                   | 15.26      | 430.0       | 0.85      |

| Soldaduras en ángulo                             |        |  |                      |                       |             |            |                      |            |                      |                |
|--|--------|--|----------------------|-----------------------|-------------|------------|----------------------|------------|----------------------|----------------|
| Descripción                                      | a (mm) | Tensión de Von Mises   |                      |                       |             |            | Tensión normal       |            | f <sub>u</sub> (MPa) | β <sub>w</sub> |
|  |        | σ <sub>⊥</sub> (MPa)   | τ <sub>⊥</sub> (MPa) | τ <sub>//</sub> (MPa) | Valor (MPa) | Aprov. (%) | σ <sub>⊥</sub> (MPa) | Aprov. (%) |                      |                |
| Soldadura del alma                               | 3      | 43.6   | 43.6                 | 0.4                   | 87.2        | 21.55      | 43.6                 | 12.68      | 430.0                | 0.85           |
| Soldadura del ala inferior                       | 5      | 13.5   | 19.9                 | 0.0                   | 37.0        | 9.15       | 18.7                 | 5.42       | 430.0                | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela                 | 3      | 61.5   | 61.5                 | 0.2                   | 122.9       | 30.37      | 61.5                 | 17.87      | 430.0                | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela                  | 5      | 36.9   | 36.9                 | 0.0                   | 73.8        | 18.22      | 36.9                 | 10.72      | 430.0                | 0.85           |
| Soldadura del alma de la cartela al ala inferior | 5      | 0.0  | 0.0                  | 4.3                   | 7.5         | 1.85       | 0.0                  | 0.00       | 430.0                | 0.85           |
| Soldadura del ala de la cartela al ala inferior  | 7      | Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir. |                      |                       |             |            |                      |            |                      |                |



| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                      |                 |
| 1        | M12      | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.987      | 60.696          | 90.59      | 8.85                                 | 90.59           |
|          |          | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 23.846      | 163.730         | 14.56      |                                      |                 |
| 2        | M12      | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.987      | 60.696          | 90.59      | 8.85                                 | 90.59           |
|          |          | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 23.846      | 163.730         | 14.56      |                                      |                 |
| 3        | M12      | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.712      | 60.696          | 90.14      | 8.85                                 | 90.14           |
|          |          | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 18.966      | 163.730         | 11.58      |                                      |                 |
| 4        | M12      | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.712      | 60.696          | 90.14      | 8.85                                 | 90.14           |
|          |          | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 18.966      | 163.730         | 11.58      |                                      |                 |
| 5        | M12      | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.438      | 60.696          | 89.69      | 8.85                                 | 89.69           |

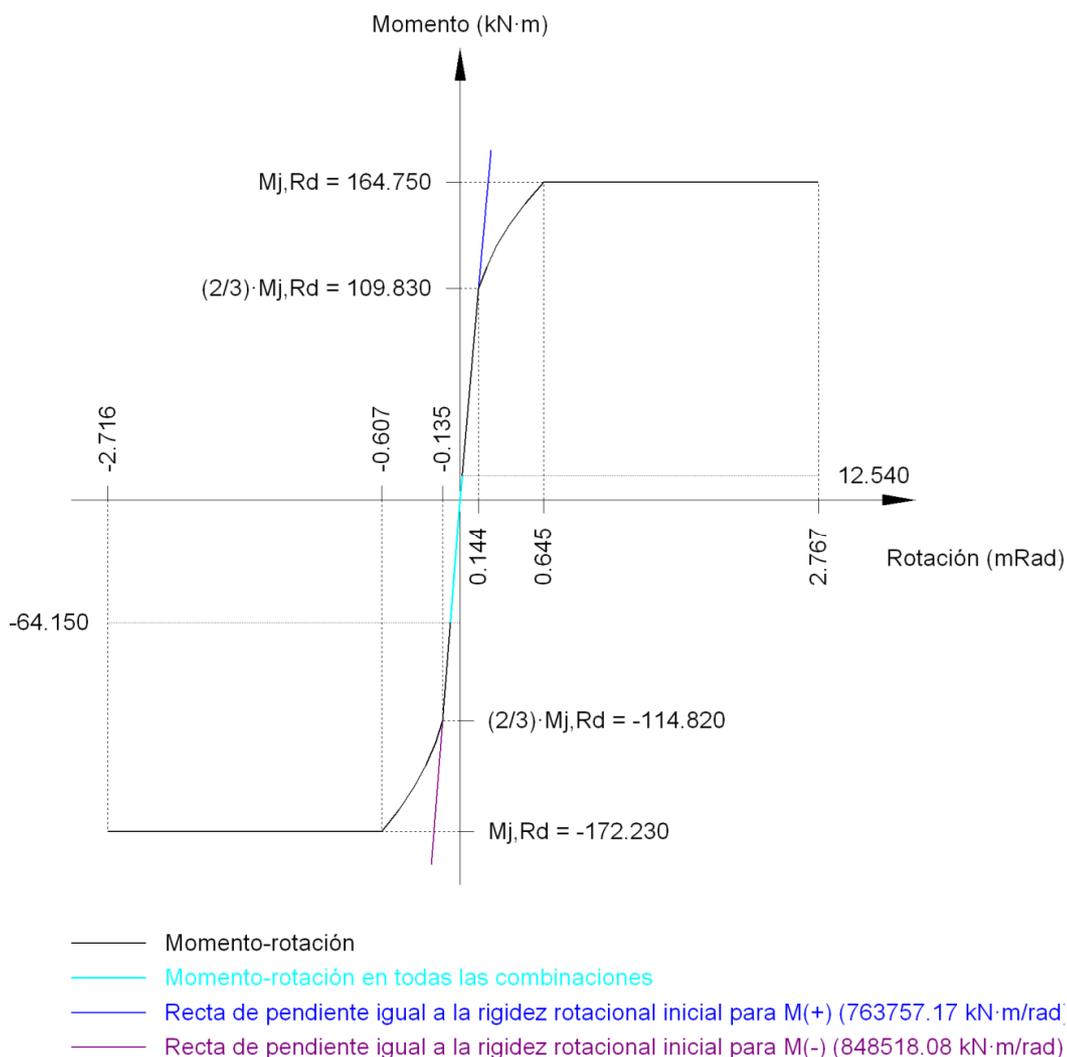
Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
Titulación de: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

| Tornillo | Diámetro | Cortante      |             |                 |            | Tracción      |             |                 |            | Interacción tracción y deslizamiento | Aprov. Máx. (%) |
|----------|----------|---------------|-------------|-----------------|------------|---------------|-------------|-----------------|------------|--------------------------------------|-----------------|
|          |          | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) | Comprobación  | Pésimo (kN) | Resistente (kN) | Aprov. (%) |                                      |                 |
| 6        | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 14.085      | 163.730         | 8.60       | 8.85                                 | 89.69           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.438      | 60.696          | 89.69      |                                      |                 |
| 7        | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 14.085      | 163.730         | 8.60       | 8.85                                 | 89.40           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.264      | 60.696          | 89.40      |                                      |                 |
| 8        | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 10.997      | 163.730         | 6.72       | 8.85                                 | 89.40           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.264      | 60.696          | 89.40      |                                      |                 |
| 9        | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 6.467       | 163.730         | 3.95       | 8.85                                 | 88.98           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.009      | 60.696          | 88.98      |                                      |                 |
| 10       | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 6.467       | 163.730         | 3.95       | 8.85                                 | 88.98           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.009      | 60.696          | 88.98      |                                      |                 |
| 11       | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 8.356       | 163.730         | 5.10       | 8.85                                 | 89.16           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.115      | 60.696          | 89.16      |                                      |                 |
| 12       | M12      | Aplastamiento | 1.253       | 113.520         | 1.10       | Punzonamiento | 8.356       | 163.730         | 5.10       | 8.85                                 | 89.16           |
|          |          | Deslizamiento | 1.253       | 14.162          | 8.85       | Vástago       | 54.115      | 60.696          | 89.16      |                                      |                 |

| Rigidez rotacional inicial        | Plano xy (kN·m/rad) | Plano xz (kN·m/rad) |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|
| Calculada para momentos positivos | 64913.83            | 763757.17           |
| Calculada para momentos negativos | 64913.83            | 848518.08           |

**Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz**

**Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz**



d) Medición

| Soldaduras     |           |           |                             |                              |
|----------------|-----------|-----------|-----------------------------|------------------------------|
| $f_u$<br>(MPa) | Ejecución | Tipo      | Espesor de garganta<br>(mm) | Longitud de cordones<br>(mm) |
| 430.0          | En taller | En ángulo | 3                           | 2120                         |
|                |           |           | 5                           | 4704                         |
|                |           |           | 7                           | 300                          |

| <b>Chapas</b> |        |          |                  |           |
|---------------|--------|----------|------------------|-----------|
| Material      | Tipo   | Cantidad | Dimensiones (mm) | Peso (kg) |
| S275          | Chapas | 2        | 175x645x11       | 19.49     |
|               |        |          |                  | Total     |

| <b>Elementos de tornillería</b> |               |          |                      |
|---------------------------------|---------------|----------|----------------------|
| Tipo                            | Material      | Cantidad | Descripción          |
| Tornillos                       | Clase 10.9    | 12       | EN 14399-3-M12x45-HR |
| Tuercas                         | Clase 10      | 12       | EN 14399-3-M12-HR    |
| Arandelas                       | Dureza 300 HV | 24       | EN14399-6-12         |

## LISTADO N°3: COMPROBACION PLACAS BASE.

| Referencia: N1<br>-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm<br>-Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Patilla a 90 grados<br>-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada |                                    |        |
|--|------------------------------------|--------|
| Comprobación   | Valores                            | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>  | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 241 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-perfil:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 54 mm  | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>  | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones  |                                    |        |

## LISTADO Nº4: COMPROBACION ELEMENTOS DE CIMENTACION, ZAPATAS.

| Referencia: N3  |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Dimensiones: 100 x 100 x 40   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N3:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.001                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0011                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0011                 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>                         | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                 | Mínimo: 15 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 12 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## LISTADO Nº5: INFORME FINAL DE CALCULO.

### Cálculo de la estructura

#### Cálculo de uniones

|  |   |
|--|---|
| Uniones aplicadas <sup>(1)</sup>   | 5 |
| Nudos resueltos <sup>(2)</sup>   | 5 |
| Nudos no resueltos <sup>(3)</sup>  | 0 |
| <i>Notas:</i><br><sup>(1)</sup> Indica el número total de uniones que se han aplicado en los nudos.<br><sup>(2)</sup> Indica el número de nudos que se han resuelto completamente.<br><sup>(3)</sup> Indica el número de nudos que no se han resuelto o bien se han resuelto parcialmente (al menos, un tipo de unión aplicada). |   |

# LISTADO Nº6: INFORME FINAL DE CALCULO.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| <b>1.- DATOS DE OBRA</b>                       | 47 |
| <b>1.1.- Normas consideradas</b>               | 47 |
| <b>1.2.- Estados límite</b>                    | 47 |
| 1.2.1.- Situaciones de proyecto                | 2  |
| 1.2.2.- Combinaciones                          | 5  |
| <br>   |    |
| <b>2.- ESTRUCTURA</b>                          | 14 |
| <b>2.1.- Geometría</b>                         | 14 |
| 2.1.1.- Nudos                                  | 14 |
| 2.1.2.- Barras                                 | 15 |
| <b>2.2.- Cargas</b>                            | 17 |
| 2.2.1.- Barras                                 | 17 |
| <b>2.3.- Placas de anclaje</b>                 | 19 |
| 2.3.1.- Descripción                            | 19 |
| 2.3.2.- Medición placas de anclaje             | 19 |
| 2.3.3.- Medición pernos placas de anclaje      | 20 |
| 2.3.4.- Comprobación de las placas de anclaje  | 20 |
| <br>   |    |
| <b>3.- CIMENTACIÓN</b>                         | 21 |
| <b>3.1.- Elementos de cimentación aislados</b> | 21 |
| 3.1.1.- Descripción                            | 21 |
| 3.1.2.- Medición                               | 21 |
| 3.1.3.- Comprobación                           | 21 |
| <b>3.2.- Vigas</b>                             | 24 |
| 3.2.1.- Descripción                            | 24 |
| 3.2.2.- Medición                               | 24 |
| 3.2.3.- Comprobación                           | 25 |

## 1.- DATOS DE OBRA

### 1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Hormigón: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

## 1.2.- Estados límite

|   |  |
|---|--|
| E.L.U. de rotura. Hormigón                  | CTE  |
| E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones | Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m |
| E.L.U. de rotura. Acero laminado            |  |
| Tensiones sobre el terreno                  | Acciones características                         |
| Desplazamientos                             |  |

### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

#### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

#### - Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

#### **E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**

| Persistente o transitoria |  |              |  |                             |
|---------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                           | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                           | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)      | 1.000  | 1.350        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)            | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.600                       |
| Nieve (Q)                 | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.500                       |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| <b>Persistente o transitoria (G1)</b> |  |              |  |                             |
|---------------------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                                       | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                       | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)                  | 1.000  | 1.350        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)                        | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                            | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Nieve (Q)                             | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

| <b>Persistente o transitoria</b> |  |              |  |                             |
|----------------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                                  | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                  | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)             | 1.000  | 1.600        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)                   | 0.000  | 1.600        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                       | 0.000  | 1.600        | 1.000                                  | 0.600                       |
| Nieve (Q)                        | 0.000  | 1.600        | 1.000                                  | 0.500                       |

| <b>Persistente o transitoria (G1)</b> |  |              |  |                             |
|---------------------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                                       | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                       | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)                  | 1.000  | 1.600        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)                        | 0.000  | 1.600        | 1.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                            | 0.000  | 1.600        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Nieve (Q)                             | 0.000  | 1.600        | 0.000                                  | 0.000                       |

**E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A**

| <b>Persistente o transitoria</b> |  |              |  |                             |
|----------------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                                  | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                  | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)             | 0.800  | 1.350        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)                   | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                       | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.600                       |
| Nieve (Q)                        | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.500                       |

| <b>Persistente o transitoria (G1)</b> |  |              |  |                             |
|---------------------------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                                       | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                                       | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)                  | 0.800  | 1.350        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)                        | 0.000  | 1.500        | 1.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)                            | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Nieve (Q)                             | 0.000  | 1.500        | 0.000                                  | 0.000                       |

### Tensiones sobre el terreno

| <b>Característica</b> |  |              |  |                             |
|-----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                       | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                       | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)  | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)        | 0.000  | 1.000        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)            | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Nieve (Q)             | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

| <b>Característica</b> |  |              |  |                             |
|-----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                       | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                       | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G)  | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)        | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Viento (Q)            | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Nieve (Q)             | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

## Desplazamientos

| Característica       |  |              |  |                             |
|----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)       | 0.000  | 1.000        | 0.000                                  | 0.000                       |
| Viento (Q)           | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Nieve (Q)            | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

| Característica       |  |              |  |                             |
|----------------------|--|--------------|--|-----------------------------|
|                      | Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) |              | Coeficientes de combinación ( $\psi$ ) |                             |
|                      | Favorable  | Desfavorable | Principal ( $\psi_p$ )                 | Acompañamiento ( $\psi_a$ ) |
| Carga permanente (G) | 1.000  | 1.000        | -                                      | -                           |
| Sobrecarga (Q)       | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Viento (Q)           | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |
| Nieve (Q)            | 0.000  | 1.000        | 1.000                                  | 1.000                       |

### 1.2.2.- Combinaciones

#### ■ Nombres de las hipótesis

|            |  |
|------------|--|
| PP         | Peso propio  |
| Q          | Sobrecarga de uso  |
| V(0°) H1   | Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior   |
| V(0°) H2   | Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior   |
| V(90°) H1  | Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior  |
| V(180°) H1 | Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior |
| V(180°) H2 | Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior |
| V(270°) H1 | Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior |
| N(EI)      | Nieve (estado inicial)   |
| N(R) 1     | Nieve (redistribución) 1   |
| N(R) 2     | Nieve (redistribución) 2   |

### E.L.U. de rotura. Hormigón

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 1     | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 2     | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 3     | 1.000 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 4     | 1.350 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 5     | 1.000 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        |        |
| 6     | 1.350 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        |        |
| 7     | 1.000 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        |        |
| 8     | 1.350 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        |        |
| 9     | 1.000 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        |        |
| 10    | 1.350 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        |        |
| 11    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        |        |
| 12    | 1.350 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        |        |
| 13    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        |        |
| 14    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        |        |
| 15    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 16    | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 17    | 1.000 |   | 0.900    |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 18    | 1.350 |   | 0.900    |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 19    | 1.000 |   |          | 0.900    |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 20    | 1.350 |   |          | 0.900    |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 21    | 1.000 |   |          |          | 0.900     |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 22    | 1.350 |   |          |          | 0.900     |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 23    | 1.000 |   |          |          |           | 0.900      |            |            | 1.500 |        |        |
| 24    | 1.350 |   |          |          |           | 0.900      |            |            | 1.500 |        |        |
| 25    | 1.000 |   |          |          |           |            | 0.900      |            | 1.500 |        |        |
| 26    | 1.350 |   |          |          |           |            | 0.900      |            | 1.500 |        |        |
| 27    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 0.900      | 1.500 |        |        |
| 28    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 0.900      | 1.500 |        |        |
| 29    | 1.000 |   | 1.500    |          |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 30    | 1.350 |   | 1.500    |          |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 31    | 1.000 |   |          | 1.500    |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 32    | 1.350 |   |          | 1.500    |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 33    | 1.000 |   |          |          | 1.500     |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 34    | 1.350 |   |          |          | 1.500     |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 35    | 1.000 |   |          |          |           | 1.500      |            |            | 0.750 |        |        |
| 36    | 1.350 |   |          |          |           | 1.500      |            |            | 0.750 |        |        |
| 37    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.500      |            | 0.750 |        |        |
| 38    | 1.350 |   |          |          |           |            | 1.500      |            | 0.750 |        |        |
| 39    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.500      | 0.750 |        |        |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 40    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 1.500      | 0.750 |        |        |
| 41    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 42    | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 43    | 1.000 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 44    | 1.350 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 45    | 1.000 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 46    | 1.350 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 47    | 1.000 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 48    | 1.350 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 49    | 1.000 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       | 1.500  |        |
| 50    | 1.350 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       | 1.500  |        |
| 51    | 1.000 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       | 1.500  |        |
| 52    | 1.350 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       | 1.500  |        |
| 53    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 0.900      |       | 1.500  |        |
| 54    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 0.900      |       | 1.500  |        |
| 55    | 1.000 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 56    | 1.350 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 57    | 1.000 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 58    | 1.350 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 59    | 1.000 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 60    | 1.350 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 61    | 1.000 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       | 0.750  |        |
| 62    | 1.350 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       | 0.750  |        |
| 63    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       | 0.750  |        |
| 64    | 1.350 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       | 0.750  |        |
| 65    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       | 0.750  |        |
| 66    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       | 0.750  |        |
| 67    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 68    | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 69    | 1.000 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 70    | 1.350 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 71    | 1.000 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 72    | 1.350 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 73    | 1.000 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 74    | 1.350 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 75    | 1.000 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       |        | 1.500  |
| 76    | 1.350 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       |        | 1.500  |
| 77    | 1.000 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       |        | 1.500  |
| 78    | 1.350 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       |        | 1.500  |
| 79    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 0.900      |       |        | 1.500  |
| 80    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 0.900      |       |        | 1.500  |
| 81    | 1.000 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        | 0.750  |

| Comb. | PP    | Q     | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 82    | 1.350 |       | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 83    | 1.000 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 84    | 1.350 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 85    | 1.000 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 86    | 1.350 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 87    | 1.000 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        | 0.750  |
| 88    | 1.350 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        | 0.750  |
| 89    | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        | 0.750  |
| 90    | 1.350 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        | 0.750  |
| 91    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        | 0.750  |
| 92    | 1.350 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        | 0.750  |
| 93    | 1.000 | 1.500 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 94    | 1.350 | 1.500 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |

■ E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 1     | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 2     | 1.600 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 3     | 1.000 |   | 1.600    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 4     | 1.600 |   | 1.600    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 5     | 1.000 |   |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        |        |
| 6     | 1.600 |   |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        |        |
| 7     | 1.000 |   |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        |        |
| 8     | 1.600 |   |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        |        |
| 9     | 1.000 |   |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        |        |
| 10    | 1.600 |   |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        |        |
| 11    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        |        |
| 12    | 1.600 |   |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        |        |
| 13    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        |        |
| 14    | 1.600 |   |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        |        |
| 15    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 16    | 1.600 |   |          |          |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 17    | 1.000 |   | 0.960    |          |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 18    | 1.600 |   | 0.960    |          |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 19    | 1.000 |   |          | 0.960    |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 20    | 1.600 |   |          | 0.960    |           |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 21    | 1.000 |   |          |          | 0.960     |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 22    | 1.600 |   |          |          | 0.960     |            |            |            | 1.600 |        |        |
| 23    | 1.000 |   |          |          |           | 0.960      |            |            | 1.600 |        |        |
| 24    | 1.600 |   |          |          |           | 0.960      |            |            | 1.600 |        |        |
| 25    | 1.000 |   |          |          |           |            | 0.960      |            | 1.600 |        |        |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 26    | 1.600 |   |          |          |           |            | 0.960      |            | 1.600 |        |        |
| 27    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 0.960      | 1.600 |        |        |
| 28    | 1.600 |   |          |          |           |            |            | 0.960      | 1.600 |        |        |
| 29    | 1.000 |   | 1.600    |          |           |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 30    | 1.600 |   | 1.600    |          |           |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 31    | 1.000 |   |          | 1.600    |           |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 32    | 1.600 |   |          | 1.600    |           |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 33    | 1.000 |   |          |          | 1.600     |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 34    | 1.600 |   |          |          | 1.600     |            |            |            | 0.800 |        |        |
| 35    | 1.000 |   |          |          |           | 1.600      |            |            | 0.800 |        |        |
| 36    | 1.600 |   |          |          |           | 1.600      |            |            | 0.800 |        |        |
| 37    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.600      |            | 0.800 |        |        |
| 38    | 1.600 |   |          |          |           |            | 1.600      |            | 0.800 |        |        |
| 39    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.600      | 0.800 |        |        |
| 40    | 1.600 |   |          |          |           |            |            | 1.600      | 0.800 |        |        |
| 41    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.600  |        |
| 42    | 1.600 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.600  |        |
| 43    | 1.000 |   | 0.960    |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 44    | 1.600 |   | 0.960    |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 45    | 1.000 |   |          | 0.960    |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 46    | 1.600 |   |          | 0.960    |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 47    | 1.000 |   |          |          | 0.960     |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 48    | 1.600 |   |          |          | 0.960     |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 49    | 1.000 |   |          |          |           | 0.960      |            |            |       |        | 1.600  |
| 50    | 1.600 |   |          |          |           | 0.960      |            |            |       |        | 1.600  |
| 51    | 1.000 |   |          |          |           |            | 0.960      |            |       |        | 1.600  |
| 52    | 1.600 |   |          |          |           |            | 0.960      |            |       |        | 1.600  |
| 53    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 0.960      |       |        | 1.600  |
| 54    | 1.600 |   |          |          |           |            |            | 0.960      |       |        | 1.600  |
| 55    | 1.000 |   | 1.600    |          |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 56    | 1.600 |   | 1.600    |          |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 57    | 1.000 |   |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 58    | 1.600 |   |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 59    | 1.000 |   |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 60    | 1.600 |   |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 61    | 1.000 |   |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        | 0.800  |
| 62    | 1.600 |   |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        | 0.800  |
| 63    | 1.000 |   |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        | 0.800  |
| 64    | 1.600 |   |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        | 0.800  |
| 65    | 1.000 |   |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        | 0.800  |
| 66    | 1.600 |   |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        | 0.800  |
| 67    | 1.000 |   |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| Comb. | PP    | Q     | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 68    | 1.600 |       |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 69    | 1.000 |       | 0.960    |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 70    | 1.600 |       | 0.960    |          |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 71    | 1.000 |       |          | 0.960    |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 72    | 1.600 |       |          | 0.960    |           |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 73    | 1.000 |       |          |          | 0.960     |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 74    | 1.600 |       |          |          | 0.960     |            |            |            |       |        | 1.600  |
| 75    | 1.000 |       |          |          |           | 0.960      |            |            |       |        | 1.600  |
| 76    | 1.600 |       |          |          |           | 0.960      |            |            |       |        | 1.600  |
| 77    | 1.000 |       |          |          |           |            | 0.960      |            |       |        | 1.600  |
| 78    | 1.600 |       |          |          |           |            | 0.960      |            |       |        | 1.600  |
| 79    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 0.960      |       |        | 1.600  |
| 80    | 1.600 |       |          |          |           |            |            | 0.960      |       |        | 1.600  |
| 81    | 1.000 | 1.600 |          |          |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 82    | 1.600 | 1.600 |          |          |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 83    | 1.000 |       |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 84    | 1.600 |       |          | 1.600    |           |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 85    | 1.000 |       |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 86    | 1.600 |       |          |          | 1.600     |            |            |            |       |        | 0.800  |
| 87    | 1.000 |       |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        | 0.800  |
| 88    | 1.600 |       |          |          |           | 1.600      |            |            |       |        | 0.800  |
| 89    | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        | 0.800  |
| 90    | 1.600 |       |          |          |           |            | 1.600      |            |       |        | 0.800  |
| 91    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        | 0.800  |
| 92    | 1.600 |       |          |          |           |            |            | 1.600      |       |        | 0.800  |
| 93    | 1.000 | 1.600 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 94    | 1.600 | 1.600 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |

■ E.L.U. de rotura. Acero laminado

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 1     | 0.800 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 2     | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 3     | 0.800 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 4     | 1.350 |   | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 5     | 0.800 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        |        |
| 6     | 1.350 |   |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        |        |
| 7     | 0.800 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        |        |
| 8     | 1.350 |   |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        |        |
| 9     | 0.800 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        |        |
| 10    | 1.350 |   |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        |        |

| Comb. | PP    | Q | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|---|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 11    | 0.800 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        |        |
| 12    | 1.350 |   |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        |        |
| 13    | 0.800 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        |        |
| 14    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        |        |
| 15    | 0.800 |   |          |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 16    | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 17    | 0.800 |   | 0.900    |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 18    | 1.350 |   | 0.900    |          |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 19    | 0.800 |   |          | 0.900    |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 20    | 1.350 |   |          | 0.900    |           |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 21    | 0.800 |   |          |          | 0.900     |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 22    | 1.350 |   |          |          | 0.900     |            |            |            | 1.500 |        |        |
| 23    | 0.800 |   |          |          |           | 0.900      |            |            | 1.500 |        |        |
| 24    | 1.350 |   |          |          |           | 0.900      |            |            | 1.500 |        |        |
| 25    | 0.800 |   |          |          |           |            | 0.900      |            | 1.500 |        |        |
| 26    | 1.350 |   |          |          |           |            | 0.900      |            | 1.500 |        |        |
| 27    | 0.800 |   |          |          |           |            |            | 0.900      | 1.500 |        |        |
| 28    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 0.900      | 1.500 |        |        |
| 29    | 0.800 |   | 1.500    |          |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 30    | 1.350 |   | 1.500    |          |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 31    | 0.800 |   |          | 1.500    |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 32    | 1.350 |   |          | 1.500    |           |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 33    | 0.800 |   |          |          | 1.500     |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 34    | 1.350 |   |          |          | 1.500     |            |            |            | 0.750 |        |        |
| 35    | 0.800 |   |          |          |           | 1.500      |            |            | 0.750 |        |        |
| 36    | 1.350 |   |          |          |           | 1.500      |            |            | 0.750 |        |        |
| 37    | 0.800 |   |          |          |           |            | 1.500      |            | 0.750 |        |        |
| 38    | 1.350 |   |          |          |           |            | 1.500      |            | 0.750 |        |        |
| 39    | 0.800 |   |          |          |           |            |            | 1.500      | 0.750 |        |        |
| 40    | 1.350 |   |          |          |           |            |            | 1.500      | 0.750 |        |        |
| 41    | 0.800 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 42    | 1.350 |   |          |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 43    | 0.800 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 44    | 1.350 |   | 0.900    |          |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 45    | 0.800 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 46    | 1.350 |   |          | 0.900    |           |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 47    | 0.800 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 48    | 1.350 |   |          |          | 0.900     |            |            |            |       | 1.500  |        |
| 49    | 0.800 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       | 1.500  |        |
| 50    | 1.350 |   |          |          |           | 0.900      |            |            |       | 1.500  |        |
| 51    | 0.800 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       | 1.500  |        |
| 52    | 1.350 |   |          |          |           |            | 0.900      |            |       | 1.500  |        |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

| Comb. | PP    | Q     | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 53    | 0.800 |       |          |          |           |            |            | 0.900      |       | 1.500  |        |
| 54    | 1.350 |       |          |          |           |            |            | 0.900      |       | 1.500  |        |
| 55    | 0.800 |       | 1.500    |          |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 56    | 1.350 |       | 1.500    |          |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 57    | 0.800 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 58    | 1.350 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 59    | 0.800 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 60    | 1.350 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       | 0.750  |        |
| 61    | 0.800 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       | 0.750  |        |
| 62    | 1.350 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       | 0.750  |        |
| 63    | 0.800 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       | 0.750  |        |
| 64    | 1.350 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       | 0.750  |        |
| 65    | 0.800 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       | 0.750  |        |
| 66    | 1.350 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       | 0.750  |        |
| 67    | 0.800 |       |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 68    | 1.350 |       |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 69    | 0.800 |       | 0.900    |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 70    | 1.350 |       | 0.900    |          |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 71    | 0.800 |       |          | 0.900    |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 72    | 1.350 |       |          | 0.900    |           |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 73    | 0.800 |       |          |          | 0.900     |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 74    | 1.350 |       |          |          | 0.900     |            |            |            |       |        | 1.500  |
| 75    | 0.800 |       |          |          |           | 0.900      |            |            |       |        | 1.500  |
| 76    | 1.350 |       |          |          |           | 0.900      |            |            |       |        | 1.500  |
| 77    | 0.800 |       |          |          |           |            | 0.900      |            |       |        | 1.500  |
| 78    | 1.350 |       |          |          |           |            | 0.900      |            |       |        | 1.500  |
| 79    | 0.800 |       |          |          |           |            |            | 0.900      |       |        | 1.500  |
| 80    | 1.350 |       |          |          |           |            |            | 0.900      |       |        | 1.500  |
| 81    | 0.800 |       | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 82    | 1.350 |       | 1.500    |          |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 83    | 0.800 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 84    | 1.350 |       |          | 1.500    |           |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 85    | 0.800 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 86    | 1.350 |       |          |          | 1.500     |            |            |            |       |        | 0.750  |
| 87    | 0.800 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        | 0.750  |
| 88    | 1.350 |       |          |          |           | 1.500      |            |            |       |        | 0.750  |
| 89    | 0.800 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        | 0.750  |
| 90    | 1.350 |       |          |          |           |            | 1.500      |            |       |        | 0.750  |
| 91    | 0.800 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        | 0.750  |
| 92    | 1.350 |       |          |          |           |            |            | 1.500      |       |        | 0.750  |
| 93    | 0.800 | 1.500 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 94    | 1.350 | 1.500 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |

■ Tensiones sobre el terreno

■ Desplazamientos

| Comb. | PP    | Q     | V(0°) H1 | V(0°) H2 | V(90°) H1 | V(180°) H1 | V(180°) H2 | V(270°) H1 | N(EI) | N(R) 1 | N(R) 2 |
|-------|-------|-------|----------|----------|-----------|------------|------------|------------|-------|--------|--------|
| 1     | 1.000 |       |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 2     | 1.000 |       | 1.000    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 3     | 1.000 |       |          | 1.000    |           |            |            |            |       |        |        |
| 4     | 1.000 |       |          |          | 1.000     |            |            |            |       |        |        |
| 5     | 1.000 |       |          |          |           | 1.000      |            |            |       |        |        |
| 6     | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.000      |            |       |        |        |
| 7     | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.000      |       |        |        |
| 8     | 1.000 |       |          |          |           |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 9     | 1.000 |       | 1.000    |          |           |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 10    | 1.000 |       |          | 1.000    |           |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 11    | 1.000 |       |          |          | 1.000     |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 12    | 1.000 |       |          |          |           | 1.000      |            |            | 1.000 |        |        |
| 13    | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.000      |            | 1.000 |        |        |
| 14    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.000      | 1.000 |        |        |
| 15    | 1.000 |       |          |          |           |            |            |            |       | 1.000  |        |
| 16    | 1.000 |       | 1.000    |          |           |            |            |            |       | 1.000  |        |
| 17    | 1.000 |       |          | 1.000    |           |            |            |            |       | 1.000  |        |
| 18    | 1.000 |       |          |          | 1.000     |            |            |            |       | 1.000  |        |
| 19    | 1.000 |       |          |          |           | 1.000      |            |            |       | 1.000  |        |
| 20    | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.000      |            |       | 1.000  |        |
| 21    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.000      |       | 1.000  |        |
| 22    | 1.000 |       |          |          |           |            |            |            |       |        | 1.000  |
| 23    | 1.000 |       | 1.000    |          |           |            |            |            |       |        | 1.000  |
| 24    | 1.000 |       |          | 1.000    |           |            |            |            |       |        | 1.000  |
| 25    | 1.000 |       |          |          | 1.000     |            |            |            |       |        | 1.000  |
| 26    | 1.000 |       |          |          |           | 1.000      |            |            |       |        | 1.000  |
| 27    | 1.000 |       |          |          |           |            | 1.000      |            |       |        | 1.000  |
| 28    | 1.000 |       |          |          |           |            |            | 1.000      |       |        | 1.000  |
| 29    | 1.000 | 1.000 |          |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 30    | 1.000 | 1.000 | 1.000    |          |           |            |            |            |       |        |        |
| 31    | 1.000 | 1.000 |          | 1.000    |           |            |            |            |       |        |        |
| 32    | 1.000 | 1.000 |          |          | 1.000     |            |            |            |       |        |        |
| 33    | 1.000 | 1.000 |          |          |           | 1.000      |            |            |       |        |        |
| 34    | 1.000 | 1.000 |          |          |           |            | 1.000      |            |       |        |        |
| 35    | 1.000 | 1.000 |          |          |           |            |            | 1.000      |       |        |        |
| 36    | 1.000 | 1.000 |          |          |           |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 37    | 1.000 | 1.000 | 1.000    |          |           |            |            |            | 1.000 |        |        |
| 38    | 1.000 | 1.000 |          | 1.000    |           |            |            |            | 1.000 |        |        |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural



## 2.1.2.- Barras

### 2.1.2.1.- Materiales utilizados

| Materiales utilizados   |             |            |       |            |                |                       |                                  |
|---|-------------|------------|-------|------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Material  |             | E<br>(MPa) | $\nu$ | G<br>(MPa) | $f_y$<br>(MPa) | $\alpha_t$<br>(m/m°C) | $\gamma$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
| Tipo  | Designación |            |       |            |                |                       |                                  |
| Acero laminado  | S275        | 210000.00  | 0.300 | 81000.00   | 275.00         | 0.000012              | 77.01                            |
| Notación:<br><i>E: Módulo de elasticidad</i><br><i><math>\nu</math>: Módulo de Poisson</i><br><i>G: Módulo de cortadura</i><br><i><math>f_y</math>: Límite elástico</i><br><i><math>\alpha_t</math>: Coeficiente de dilatación</i><br><i><math>\gamma</math>: Peso específico</i> |             |            |       |            |                |                       |                                  |

### 2.1.2.2.- Descripción

| Descripción   |             |                  |                  |                  |                 |              |              |                           |                           |
|---|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Material  |             | Barra<br>(Ni/Nf) | Pieza<br>(Ni/Nf) | Perfil(Serie)    | Longitud<br>(m) | $\beta_{xy}$ | $\beta_{xz}$ | Lb <sub>Sup.</sub><br>(m) | Lb <sub>Inf.</sub><br>(m) |
| Tipo  | Designación |                  |                  |                  |                 |              |              |                           |                           |
| Acero laminado  | S275        | N1/N2            | N1/N2            | IPE 360<br>(IPE) | 8.000           | 0.70         | 0.64         | -                         | -                         |
|   |             | N3/N4            | N3/N4            | IPE 360<br>(IPE) | 8.000           | 0.00         | 0.64         | -                         | -                         |
|   |             | N2/N5            | N2/N5            | IPE 300<br>(IPE) | 10.770          | 0.09         | 1.14         | -                         | -                         |
|   |             | N4/N5            | N4/N5            | IPE 300<br>(IPE) | 10.770          | 0.09         | 1.14         | -                         | -                         |
| Notación:<br><i>Ni: Nudo inicial</i><br><i>Nf: Nudo final</i><br><i><math>\beta_{xy}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</i><br><i><math>\beta_{xz}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</i><br><i>Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostamientos del ala superior</i><br><i>Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostamientos del ala inferior</i> |             |                  |                  |                  |                 |              |              |                           |                           |

### 2.1.2.3.- Características mecánicas

| Tipos de pieza |               |
|----------------|---------------|
| Ref.           | Piezas        |
| 1              | N1/N2 y N3/N4 |
| 2              | N2/N5 y N4/N5 |

| Características mecánicas  |             |      |  |                         |                           |                           |                           |                           |                          |
|--|-------------|------|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Material   |             | Ref. | Descripción  | A<br>(cm <sup>2</sup> ) | Avy<br>(cm <sup>2</sup> ) | Avz<br>(cm <sup>2</sup> ) | Iyy<br>(cm <sup>4</sup> ) | Izz<br>(cm <sup>4</sup> ) | It<br>(cm <sup>4</sup> ) |
| Tipo   | Designación |      |  |                         |                           |                           |                           |                           |                          |
| Acero laminado   | S275        | 1    | IPE 360, (IPE)   | 72.70                   | 32.38                     | 24.09                     | 16270.00                  | 1043.00                   | 37.32                    |
|  |             | 2    | IPE 300, Simple con cartelas, (IPE)<br>Cartela inicial inferior: 1.50 m. Cartela final inferior: 0.75 m. | 53.80                   | 24.07                     | 17.80                     | 8356.00                   | 603.80                    | 20.12                    |
| <p>Notación:<br/>                     Ref.: Referencia<br/>                     A: Área de la sección transversal<br/>                     Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'<br/>                     Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'<br/>                     Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'<br/>                     Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'<br/>                     It: Inercia a torsión<br/>                     Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</p> |             |      |  |                         |                           |                           |                           |                           |                          |

### 2.1.2.4.- Tabla de medición

| Tabla de medición  |             |                  |               |                 |                              |              |
|--|-------------|------------------|---------------|-----------------|------------------------------|--------------|
| Material   |             | Pieza<br>(Ni/Nf) | Perfil(Serie) | Longitud<br>(m) | Volumen<br>(m <sup>3</sup> ) | Peso<br>(kg) |
| Tipo   | Designación |                  |               |                 |                              |              |
| Acero laminado   | S275        | N1/N2            | IPE 360 (IPE) | 8.000           | 0.058                        | 456.56       |
|  |             | N3/N4            | IPE 360 (IPE) | 8.000           | 0.058                        | 456.56       |
|  |             | N2/N5            | IPE 300 (IPE) | 10.770          | 0.097                        | 500.66       |
|  |             | N4/N5            | IPE 300 (IPE) | 10.770          | 0.097                        | 500.66       |
| <p>Notación:<br/>                     Ni: Nudo inicial<br/>                     Nf: Nudo final</p> |             |                  |               |                 |                              |              |

### 2.1.2.5.- Resumen de medición

| Resumen de medición |             |       |                              |            |           |              |             |            |               |             |            |               |
|---------------------|-------------|-------|------------------------------|------------|-----------|--------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| Material            |             | Serie | Perfil                       | Longitud   |           |              | Volumen     |            |               | Peso        |            |               |
| Tipo                | Designación |       |                              | Perfil (m) | Serie (m) | Material (m) | Perfil (m³) | Serie (m³) | Material (m³) | Perfil (kg) | Serie (kg) | Material (kg) |
| Acero laminado      | S275        | IPE   | IPE 360                      | 16.000     |           |              | 0.116       |            |               | 913.11      |            |               |
|                     |             |       | IPE 300, Simple con cartelas | 21.541     |           |              | 0.193       |            |               | 1001.32     |            |               |
|                     |             |       |                              |            | 37.541    |              |             | 0.309      |               |             | 1914.43    |               |
|                     |             |       |                              |            | 37.541    |              |             | 0.309      |               |             | 1914.43    |               |

### 2.1.2.6.- Medición de superficies

| Acero laminado: Medición de las superficies a pintar |                              |                            |              |                 |
|--|------------------------------|----------------------------|--------------|-----------------|
| Serie  | Perfil                       | Superficie unitaria (m²/m) | Longitud (m) | Superficie (m²) |
| IPE  | IPE 360                      | 1.384                      | 16.000       | 22.144          |
|  | IPE 300, Simple con cartelas | 1.310                      | 21.541       | 28.211          |
| <b>Total</b>   |                              |                            |              | <b>50.355</b>   |

## 2.2.- Cargas

### 2.2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

| Cargas en barras |             |             |         |       |          |        |           |       |       |        |
|------------------|-------------|-------------|---------|-------|----------|--------|-----------|-------|-------|--------|
| Barra            | Hipótesis   | Tipo        | Valores |       | Posición |        | Dirección |       |       |        |
|                  |             |             | P1      | P2    | L1 (m)   | L2 (m) | Ejes      | X     | Y     | Z      |
| N1/N2            | Peso propio | Uniforme    | 0.560   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N1/N2            | V(0°) H1    | Uniforme    | 4.869   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N1/N2            | V(0°) H2    | Uniforme    | 4.869   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N1/N2            | V(90°) H1   | Uniforme    | 6.052   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N1/N2            | V(180°) H1  | Uniforme    | 2.565   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N1/N2            | V(180°) H2  | Uniforme    | 2.565   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N1/N2            | V(270°) H1  | Uniforme    | 3.261   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N3/N4            | Peso propio | Uniforme    | 0.560   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N3/N4            | V(0°) H1    | Uniforme    | 2.565   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N3/N4            | V(0°) H2    | Uniforme    | 2.565   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N3/N4            | V(90°) H1   | Uniforme    | 6.052   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N3/N4            | V(180°) H1  | Uniforme    | 4.869   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N3/N4            | V(180°) H2  | Uniforme    | 4.869   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N3/N4            | V(270°) H1  | Uniforme    | 3.261   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | Peso propio | Trapezoidal | 0.690   | 0.538 | 0.000    | 1.500  | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | Peso propio | Faja        | 0.414   | -     | 1.500    | 10.020 | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | Peso propio | Trapezoidal | 0.538   | 0.690 | 10.020   | 10.770 | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | Peso propio | Uniforme    | 1.047   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | Q           | Uniforme    | 5.000   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | V(0°) H1    | Faja        | 4.572   | -     | 0.000    | 2.585  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(0°) H1    | Faja        | 1.661   | -     | 2.585    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(0°) H2    | Faja        | 2.783   | -     | 0.000    | 2.585  | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | V(0°) H2    | Faja        | 1.896   | -     | 2.585    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | V(90°) H1   | Faja        | 0.631   | -     | 0.000    | 5.385  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(90°) H1   | Faja        | 0.702   | -     | 5.385    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(90°) H1   | Uniforme    | 4.144   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(180°) H1  | Faja        | 2.609   | -     | 0.000    | 8.186  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | V(180°) H1  | Faja        | 5.043   | -     | 8.186    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |

| Cargas en barras |             |             |         |       |          |        |           |       |       |        |
|------------------|-------------|-------------|---------|-------|----------|--------|-----------|-------|-------|--------|
| Barra            | Hipótesis   | Tipo        | Valores |       | Posición |        | Dirección |       |       |        |
|                  |             |             | P1      | P2    | L1 (m)   | L2 (m) | Ejes      | X     | Y     | Z      |
| N2/N5            | V(270°) H1  | Uniforme    | 3.261   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N2/N5            | N(EI)       | Uniforme    | 2.614   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | N(R) 1      | Uniforme    | 1.307   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N2/N5            | N(R) 2      | Uniforme    | 2.614   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | Peso propio | Trapezoidal | 0.690   | 0.538 | 0.000    | 1.500  | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | Peso propio | Faja        | 0.414   | -     | 1.500    | 10.020 | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | Peso propio | Trapezoidal | 0.538   | 0.690 | 10.020   | 10.770 | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | Peso propio | Uniforme    | 1.047   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | Q           | Uniforme    | 5.000   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | V(0°) H1    | Faja        | 2.609   | -     | 0.000    | 8.186  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(0°) H1    | Faja        | 5.043   | -     | 8.186    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(90°) H1   | Faja        | 0.631   | -     | 0.000    | 5.385  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(90°) H1   | Faja        | 0.702   | -     | 5.385    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(90°) H1   | Uniforme    | 4.144   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(180°) H1  | Faja        | 4.572   | -     | 0.000    | 2.585  | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(180°) H1  | Faja        | 1.661   | -     | 2.585    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | V(180°) H2  | Faja        | 2.783   | -     | 0.000    | 2.585  | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | V(180°) H2  | Faja        | 1.896   | -     | 2.585    | 10.770 | Locales   | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | V(270°) H1  | Uniforme    | 3.261   | -     | -        | -      | Locales   | 0.000 | 0.000 | 1.000  |
| N4/N5            | N(EI)       | Uniforme    | 2.614   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | N(R) 1      | Uniforme    | 2.614   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |
| N4/N5            | N(R) 2      | Uniforme    | 1.307   | -     | -        | -      | Globales  | 0.000 | 0.000 | -1.000 |

## 2.3.- Placas de anclaje

### 2.3.1.- Descripción

| Descripción |  |  |                                  |                                       |
|-------------|--|--|----------------------------------|---------------------------------------|
| Referencia  | Placa base   | Disposición                                  | Rigidizadores                    | Pernos                                |
| N1,N3       | Ancho X: 300 mm<br>Ancho Y: 500 mm<br>Espesor: 18 mm | Posición X: Centrada<br>Posición Y: Centrada | Paralelos X: -<br>Paralelos Y: - | 4Ø16 mm L=30 cm<br>Prolongación recta |

### 2.3.2.- Medición placas de anclaje

| Pilares | Acero | Peso kp   | Totales kp |
|---------|-------|-----------|------------|
| N1, N3  | S275  | 2 x 21.20 | 42.39      |
| Totales |       |           | 42.39      |

### 2.3.3.- Medición pernos placas de anclaje

| Pilares | Pernos          | Acero                          | Longitud m | Peso kp  | Totales m | Totales kp |
|---------|-----------------|--------------------------------|------------|----------|-----------|------------|
| N1, N3  | 8Ø16 mm L=35 cm | B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado) | 8 x 0.35   | 8 x 0.56 | 2.83      | 4.47       |
| Totales |                 |                                |            |          | 2.83      | 4.47       |

### 2.3.4.- Comprobación de las placas de anclaje

| Referencia: N1<br>-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm<br>-Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Prolongación recta<br>-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada |                                    |        |
|---|------------------------------------|--------|
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 241 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-perfil:<br><i>1.5 diámetros</i>  | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 54 mm  | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde:<br><i>1.5 diámetros</i>   | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                    |        |
| Referencia: N3<br>-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm<br>-Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Prolongación recta<br>-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada |                                    |        |
| Comprobación  | Valores                            | Estado |
| Separación mínima entre pernos:<br><i>3 diámetros</i>   | Mínimo: 48 mm<br>Calculado: 241 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-perfil:<br><i>1.5 diámetros</i>  | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 54 mm  | Cumple |

|   |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Referencia: N3  |                                   |        |
| -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm |                                   |        |
| -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Prolongación recta                 |                                   |        |
| -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada     |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Separación mínima pernos-borde:<br>1.5 diámetros            | Mínimo: 24 mm<br>Calculado: 30 mm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones                         |                                   |        |

### 3.- CIMENTACIÓN

#### 3.1.- Elementos de cimentación aislados

##### 3.1.1.- Descripción

| Referencias | Geometría   | Armado                     |
|-------------|---|----------------------------|
| N1 y N3     | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho inicial X: 50.0 cm<br>Ancho inicial Y: 50.0 cm<br>Ancho final X: 50.0 cm<br>Ancho final Y: 50.0 cm<br>Ancho zapata X: 100.0 cm<br>Ancho zapata Y: 100.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | X: 4Ø12c/28<br>Y: 4Ø12c/28 |

##### 3.1.2.- Medición

| Referencias: N1 y N3         | B 400 S, Ys=1.15 | Total       |
|------------------------------|------------------|-------------|
| Nombre de armado             | Ø12              |             |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m)     | 4x1.19 4.76 |
|                              | Peso (kg)        | 4x1.06 4.23 |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m)     | 4x1.19 4.76 |
|                              | Peso (kg)        | 4x1.06 4.23 |
| Totales                      | Longitud (m)     | 9.52        |
|                              | Peso (kg)        | 8.46 8.46   |
| Total con mermas<br>(10.00%) | Longitud (m)     | 10.47       |
|                              | Peso (kg)        | 9.31 9.31   |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento             | B 400 S, Ys=1.15 (kg) | Hormigón (m³) |          |
|----------------------|-----------------------|---------------|----------|
|                      | Ø12                   | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Referencias: N1 y N3 | 2x9.31                | 2x0.40        | 2x0.10   |
| Totales              | 18.62                 | 0.80          | 0.20     |

### 3.1.3.- Comprobación

| Referencia: N1<br>Dimensiones: 100 x 100 x 40<br>Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| Comprobación   | Valores   | Estado                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 40 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N1:   | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0.001<br>Calculado: 0.0011<br>Calculado: 0.0011                   | Cumple<br>Cumple                     |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple                               |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 28 cm<br>Calculado: 28 cm                     | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 28 cm<br>Calculado: 28 cm                     | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. dirección X hacia der:<br>- Armado inf. dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. dirección X hacia der:   | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple                               |

|   |                                   |        |
|---|-----------------------------------|--------|
| Referencia: N1  |                                   |        |
| Dimensiones: 100 x 100 x 40   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                   |        |
| Referencia: N3  |                                   |        |
| Dimensiones: 100 x 100 x 40   |                                   |        |
| Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28  |                                   |        |
| Comprobación  | Valores                           | Estado |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 25 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N3:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 33 cm | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 0.001                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 0.0011                 | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 0.0011                 | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>                         | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 28 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>                 | Mínimo: 15 cm                     |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm                  | Cumple |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| Referencia: N3                          |                  |        |
| Dimensiones: 100 x 100 x 40             |                  |        |
| Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28          |                  |        |
| Comprobación                            | Valores          | Estado |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:        | Mínimo: 12 cm    |        |
| - Armado inf. dirección X hacia der:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección X hacia izq:    | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia arriba: | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones     |                  |        |

## 3.2.- Vigas

### 3.2.1.- Descripción

| Referencias | Geometría                        | Armado   |
|-------------|----------------------------------|--|
| C [N3-N1]   | Ancho: 40.0 cm<br>Canto: 40.0 cm | Superior: 2 Ø12<br>Inferior: 2 Ø12<br>Estribos: 1xØ8c/30 |

### 3.2.2.- Medición

| Referencia: C [N3-N1]         |              | B 400 S, Ys=1.15 |         | Total  |
|-------------------------------|--------------|------------------|---------|--------|
| Nombre de armado              |              | Ø8               | Ø12     |        |
| Armado viga - Armado inferior | Longitud (m) |                  | 2x20.30 | 40.60  |
|                               | Peso (kg)    |                  | 2x18.02 | 36.05  |
| Armado viga - Armado superior | Longitud (m) |                  | 2x20.30 | 40.60  |
|                               | Peso (kg)    |                  | 2x18.02 | 36.05  |
| Armado viga - Estribo         | Longitud (m) | 65x1.33          |         | 86.45  |
|                               | Peso (kg)    | 65x0.52          |         | 34.11  |
| Totales                       | Longitud (m) | 86.45            | 81.20   |        |
|                               | Peso (kg)    | 34.11            | 72.10   | 106.21 |
| Total con mermas<br>(10.00%)  | Longitud (m) | 95.10            | 89.32   |        |
|                               | Peso (kg)    | 37.52            | 79.31   | 116.83 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento              | B 400 S, Ys=1.15 (kg) |       |        | Hormigón (m³) |          |
|-----------------------|-----------------------|-------|--------|---------------|----------|
|                       | Ø8                    | Ø12   | Total  | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Referencia: C [N3-N1] | 37.52                 | 79.31 | 116.83 | 3.04          | 0.76     |

|          |                       |       |        |               |          |
|----------|-----------------------|-------|--------|---------------|----------|
| Elemento | B 400 S, Ys=1.15 (kg) |       |        | Hormigón (m³) |          |
|          | Ø8                    | Ø12   | Total  | HA-25, Yc=1.5 | Limpieza |
| Totales  | 37.52                 | 79.31 | 116.83 | 3.04          | 0.76     |

### 3.2.3.- Comprobación

|   |                                      |        |
|---|--------------------------------------|--------|
| Referencia: C.1 [N3-N1] (Viga de atado)<br>-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm<br>-Armadura superior: 2 Ø12<br>-Armadura inferior: 2 Ø12<br>-Estribos: 1xØ8c/30 |                                      |        |
| Comprobación  | Valores                              | Estado |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Mínimo: 3.7 cm<br>Calculado: 29.2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>   | Mínimo: 3.7 cm                       |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>   | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones   |                                      |        |

## 2.2.10. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN DE PLUVIALES Y SANEAMIENTO

Las instalaciones de recogidas de aguas pluviales

### Dimensionado de la instalación de pluviales

El dimensionado de la instalación de recogida de aguas pluviales se ha calculado con los ábacos de la sección 4.2. del CTE-HS-Salubridad.

Se ha comenzado dimensionando los canalones de cubierta de la nave con la tabla 4.7 de la norma citada para una inclinación del 2%. La máxima superficie proyectada de cubierta que recoge un canalón es de 323m<sup>2</sup>, con lo que le corresponde un

diámetro de 200mm, o su sección equivalente para otro tipo de canalón que no sea circular. Se generaliza esta medida para todos los canalones de cubierta de la nave para facilitar el diseño de la cubierta.

A continuación se dimensionan las bajantes con la ayuda de la tabla 4.8 del mismo modo que en los canalones, para 265m<sup>2</sup> de superficie de cubierta corresponde un diámetro para las bajantes de 90mm, que generalizamos a todas las bajantes de la cubierta de la nave.

Con los datos anteriores podemos dimensionar los colectores introduciendo la superficie proyectada de cubierta que ha de desaguar cada uno y la inclinación de 2% en la tabla 4.9 del CTE-HS, donde obtenemos un diametro de 200 mm.

# MEMORIA

## Anejo 2:CAMBIO DE CALDERA

## ÍNDICE ANEJO I

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN.  | 1  |
| 2. TECNOLOGIAS DISPONIBLES PARA LA NUEVA CALDERA.         | 1  |
| 2.1. Tecnología de la combustión de partículas.           | 2  |
| 2.2. Gasificación de la biomasa.                          | 9  |
| 3. MODELOS COMERCIALES.                                   | 5  |
| 3.1. Cámara torsional.                                    | 5  |
| 4. CARACTERISTICAS DE LA CALDERERA Y EQUIPOS ASOCIADOS.   | 8  |
| 4.1. Almacenamiento de astillas y alimentacion a caldera. | 9  |
| 4.2. Sistemas de combustión.                              | 9  |
| 4.2.1. Gasificadores de madera.                           | 9  |
| 4.2.2. Cámara Torsional.                                  | 10 |
| 4.3. Quemador de encendido de gas-natural.                | 12 |
| 4.4. Reactor.   | 12 |

## **JUSTIFICACIÓN DEL CAMBIO DE LA CALDERA ACTUAL**

### **1.INTRODUCCIÓN.**

Una vez justificado el cambio de la caldera actual en el apartado 2.2.2. de la presente Memoria a continuación proponemos las distintas tecnología alternativas para la sustitución de la actual caldera.

### **2.TECNOLOGIAS DISPONIBLES PARA LA NUEVA CALDERA.**

*La información que a continuación vamos a describir ha sido obtenida del curso que realice el año pasado “ Experto en instalaciones con calderas de Biomasa”, organizada por el C.O.I.T. e Innotec Servicios Energéticos*

En la industria de la madera nos encontramos en presencia de una importante cantidad de productos residuales de proceso que pueden ser revalorizados energéticamente debido a su poder calorífico residual.

Estos productos los podemos tratar en un sistema de combustión apropiado para extraer y aprovechar su poder energético y así producir energía térmica primaria apta para generar vapor, electricidad, calefacción de fluido térmico y frío industrial.

Dentro de los sistemas tradicionales de combustión para este tipo de subproductos y dependiendo de los volúmenes involucrados, podemos mencionar los sistemas de hornos con parrilla fija, parrilla móvil, horno rotativo, lecho fluido, gasificador y cámara de combustión torsional. Sistemas de combustión que serán adosados a su correspondiente caldera de recuperación.

El grado de eficiencia de la combustión se complica a medida que utilizamos combustibles no homogéneos (como lo son los productos residuales y/o mezcla de diversos combustibles). Siendo el combustible un gas, como por ejemplo el metano generado en los procesos biológicos de digestión, el grado de complicación es bajo.

Cuando utilizamos subproductos líquidos, como aceites diluidos, alcoholes, etc., el proceso de combustión requiere de una mayor atención y cuidado para garantizar la eficiencia de la combustión.

El mayor problema lo tenemos cuando el subproducto combustible es sólido, ya que este requiere un mayor aporte de oxígeno, mayor tiempo de residencia y mayor turbulencia, todo ello para garantizar una correcta termodestrucción.

Como problemas añadidos tendríamos que mencionar el contenido de humedad, la granulometría, la dificultad de manipuleo, etc...

Los sistemas de combustión comportan diferentes elementos funcionales agrupados en sistemas adaptados a los residuos a incinerar. Básicamente, tenemos los siguientes elementos:

- Sistema de recepción, de almacenamiento, mantenimiento y carga de los residuos.
- Sistema de alimentación, introducción o inyección de los residuos.
- Sistema de transporte de los residuos en el interior del horno.
- Sistema de encendido de los residuos, mantenimiento de la combustión y ventilación

En aire de combustión y postcombustión.

Sistema de mezcla para homogeneizar la carga y favorecer la combustión.

La combustión de estos subproductos (biomasa) en hornos de parrilla e incluso rotativos tiene el inconveniente de generar niveles de inquemados que exigen altos niveles de exceso de O<sub>2</sub> y complicados sistemas de control ambiental.

Para paliar estas deficiencias y proceder a una combustión de biomasa eficiente y controlada se emplean sistemas de combustión en lecho fluido, gasificador y cámara de combustión torsional.

Entre estos dos sistemas, lecho fluido y cámara torsional, existen rendimientos similares de combustión (generación de inquemados) y algunas diferencias de acuerdo al combustible utilizado, potencia utilizada por caloría generada y costes de inversión.

## **2.1. Tecnología de combustión de partículas.**

Según Burns (2002) los quemadores de partículas operan con una suspensión de partículas finas de combustibles biomásicos, para producir una llama similar a la de un mechero de petróleo. Los quemadores de partículas modernos incluyen mejoras como la recirculación de gases de combustión para controlar las emisiones de óxidos nitrosos.

Según (Paulrud 2004), los quemadores de partículas mezclan el combustible y el aire para producir llamas libres estables y de bajas emisiones. Los quemadores de partículas de carbón convencional mezclan el combustible y el aire muy rápidamente, resultando llamas cortas calientes y de alto nivel de quemado. Sin embargo, a fin de reducir las emisiones de NO<sub>x</sub> en los sistemas de combustión de biomasa, se han desarrollado técnicas de parcialización del aire. Mediante la creación de compuertas móviles de aire, la mezcla de combustible y aire se retrasa para crear una zona rica en combustible cerca del quemador, esto disminuye la conversión de N volátil en NO. El aire necesario para la combustión completa, entra a continuación, aguas abajo en la llama. Como se aprecia en la figura siguiente:

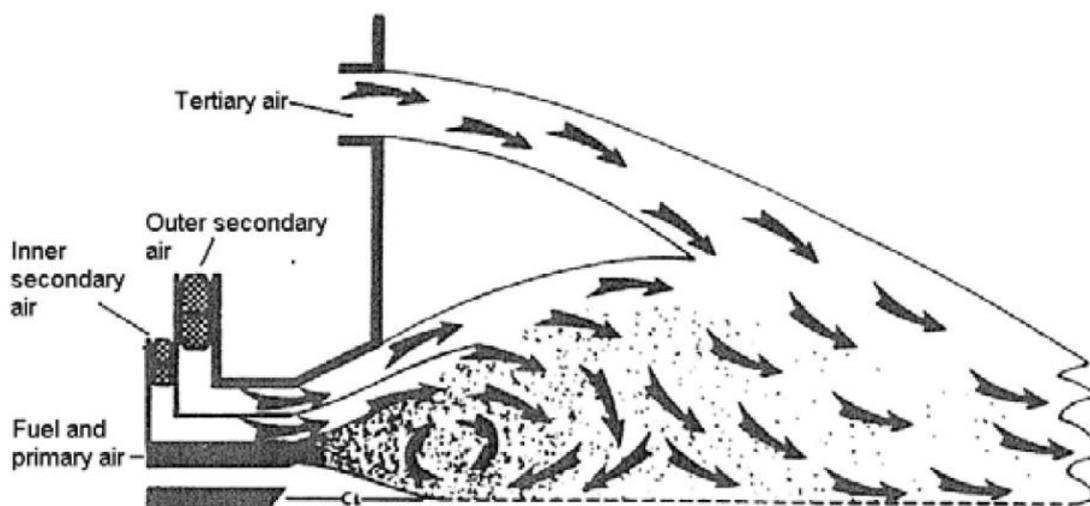


Figure of burner air staging (Paulrud, 2004)

Un enfoque alternativo al anterior es el añadir aire terciario justo por encima del quemador

Lamentablemente es difícil de alcanzar un encendido estable y buena retención de llama, debido a la aerodinámica. Sin embargo utilizando un principio de remolino (swirl) sobre los quemadores, puede lograrse una llama con una rotación fuerte.

La estabilidad de la llama se consigue con una rotación que contribuye a ello al recircular gases de combustión calientes de corriente abajo hacia la entrada del quemador. Por lo tanto, el calor que se introduce en la boca del quemador permite completar la etapa de sacado e inflamar las partículas del combustible entrante.

El grado de remolino (swirl) puede controlarse mediante paletas de remolino que permiten establecer el remolino al ajustar el ángulo de la compuerta. Según Paulrud (2004), convertir calderas gasoil o carbón en combustores de partículas de madera ha sido una tecnología comercial en Suecia durante más de 10 años. Diseñado especialmente quemadores para partículas que son acoplados a calderas existentes

para quemar partículas de madera finamente molidas o gránulos (pellets) finamente molidos.

## **2.2. Gasificación de la biomasa.**

La gasificación de biomasa fue intensamente utilizada para operar sistemas de transporte durante la Segunda Guerra Mundial. Puede describirse como un proceso que implica la combustión incompleta de la biomasa para producir gases combustibles, que incluyen el monóxido de carbono, hidrógeno, metano y alquitrán. Esta mezcla puede utilizarse para accionar los motores de combustión interna, para sustituir el petróleo en calderas u hornos para aplicaciones de calor directo o para producir metanol para motores industriales (Rajvanshi, 1986).

Durante décadas, la gasificación ha mejorado y ahora es una tecnología termoquímica muy eficiente de conversión de biomasa en energía. Si se realiza en conformidad con las especificaciones del sistema, la tecnología es capaz de obtener una eficiencia de más del 70%, (Demirbas, 2004). La gasificación es un proceso de conversión termoquímica, en la que el combustible se convierte en un gas combustible. El producto de gasificación es tanto de baja como de medio poder calorífico dependiendo del proceso empleado. Este gas combustible retiene alrededor del 70-80% de la energía de biomasa original.

En principio, la gasificación es la descomposición térmica de materia orgánica en una atmósfera deficiente de oxígeno, produciendo una mezcla de gases combustibles y no combustibles. Normalmente la mezcla de gases incluye monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), trazas de hidrocarburos superiores, agua, nitrógeno (si se utiliza aire como agente de gasificación). La gasificación también produce alquitrán y partículas sólidas como cenizas y carbón vegetal. La gasificación es diferente a la pirolisis en el sentido de que se realiza la gasificación para producir componentes gaseosos, mientras que la pirolisis es la producción de residuos líquidos y carbón. Esta ocurre normalmente en ausencia total de oxígeno, mientras que la mayoría de las reacciones de gasificación se llevan a cabo con una cierta deficiencia de oxígeno (Don J. Stevens, 2001), (Goran g. JANKES et al 2002).

Tipos de gasificadores:

Existen en el mercado, diferentes tipos y tamaños de gasificadores, que utilizan distintos tipos de materia prima como madera, paja, carbón vegetal, carbón, cascarillas de arroz y desechos agrícolas. Los sistemas de gasificación ascendente (cama fija) son una tecnología antigua que se utilizan desde 1839 y utilizados para la combustión de carbón y coque. Antes de la Segunda Guerra Mundial, se utilizaron generadores de gas de madera de lecho fluidizado para motores de combustión interna y aplicaciones automotrices. Un interés renovado en la gasificación de biomasa se hizo evidente

después de la crisis energética de la década de 1970. Se indicó además que la tecnología de gasificación de biomasa era conocida como una alternativa relativamente asequible para las generaciones de pequeña potencia industrial (Chopra y Jain, 2007).

Los Gasificadores se clasifican por la forma en que el aire, oxígeno y/o vapor es introducido en el sistema. La elección de un tipo de gasificador sobre otro depende de factores como el tipo de materia prima, su contenido de humedad, cenizas y la forma del combustible (Rajvanshi, 1986). Los tres tipos más comunes de gasificadores se denominan: ascendente (Updraft), descendente (downdraft) y de lecho fluido (Walker, 2006).

El primer tipo de nominado ascendente (Updraft), o de corriente ascendente ya que es el que se utiliza en la planta en estudio, en la bibliografía citada se puede encontrar la explicación detallada de los otros tipos indicados precedentemente.

El gasificador denominado ascendente (updraft) o de contracorriente, es el tipo más simple y más antiguo de reactor de gasificación. Deriva su nombre de la forma en que el oxidante es alimentado a través del reactor. El combustible de biomasa se carga a través de la parte superior y se mueve hacia abajo a través de las diferentes etapas de gasificación por efecto de la fuerza gravitacional.

La toma de aire se encuentra en el fondo y los gases salen por arriba. Cerca de la parrilla, en el fondo, tienen lugar las reacciones de combustión, que van seguidas de reacciones de reducción algo más arriba, en el gasificador. En la parte alta del gasificador tiene lugar el calentamiento y pirolisis de la carga, como resultado de la transferencia de calor, por convección forzada y radiación, de las zonas inferiores. Los alquitranes y productos volátiles producidos durante este proceso son transportados por la corriente de gas. Se remueven y retiran las cenizas del fondo del gasificador.

Las principales ventajas de este tipo de gasificador consisten en su simplicidad, alta proporción de carbón vegetal quemado e intercambio interno de calor que motiva unas bajas temperaturas de salida del gas y alta eficiencia del equipo y también la posibilidad de funcionar con muchos tipos de carga (serrín, cascaras de cereales, etc.), (FAO, 2001).

### **3. MODELOS COMERCIALES**

Se presentan los dos sistemas de combustión que se proponen en la Planta en Estudio, dado que son aquellos sobre los que se ha realizado un seguimiento documental y la dirección técnica de la planta considera más interesantes.

### **3.1. CAMARA TORSIONAL**

La cámara de combustión torsional es un sistema de combustión del tipo de los denominados "Quemadores Ciclónicos" y está formada por una cámara cilíndrica, refrigerada por tubos hervidores de agua que conforman una pared-membrana, disposición que reduce notablemente el espesor y el peso de la pared aislante refractaria de la cámara de combustión. Estos tubos se unen a los tubos que conforman la caldera propiamente dicha, actuando la cámara como quemador de la caldera.

Esa cámara quemador torsional está formada por el serpentín vaporizador refrigerador, en tubo de agua, recubierta interiormente por una fina capa de material aislante.

El ingreso del subproducto combustible a la cámara se produce en forma tangencial a la misma, siendo la garganta de salida de gases tronco-cónica lo que obliga a la primera capa exterior de partículas en combustión a adquirir un movimiento rotatorio y retornar hacia atrás para formar una segunda capa que gira en espiral y en sentido inverso a la primera que al converger hacia el centro del cilindro completa la combustión en una tercera etapa que fluye hacia el cono central de la cámara desde donde ingresa en el hogar de la caldera donde aún tiene espacio y tiempo para completar una total y excelente combustión.

Esta forma de combustión, con triple recorrido de la longitud de la cámara en movimiento torsional, asegura prolongados tiempos de residencia que aseguran una tasa de productos inquemados realmente bajas. Todo esto ayudado por una mezcla íntima combustible/O<sub>2</sub> y flujo de alta turbulencia. Los calores específicos en la zona central de la cámara varían entre 250.000 y 1.500.000 Kcal/m<sup>3</sup> hr, con un 10% de exceso de aire.

Gracias al flujo de aire periférico que sale de las numerosas toberas tangenciales, que imparten al combustible un transporte neumático con movimiento circular.

La combustión torsional resuelve el problema de la combustión de residuos en forma de partículas, las ventajas que podemos enumerar son:

El ingreso de combustible debe ser controlado en forma independiente del suministro de aire de combustión.

Cuando es necesaria la combustión de un subproducto que tiene un amplio rango de tamaño de partícula, es aconsejable una disposición horizontal de la cámara cilíndrica a una disposición vertical.

El ingreso de aire de combustión se realiza a lo largo de la generatriz de la cámara, evitando así la deposición de las partículas más pesadas y produciendo una rápida termodestrucción.

La zona de combustión de máxima actividad se desarrolla en forma extendida en la interfase de las dos corrientes helicoidales que giran en sentidos opuestos. Este hecho, sumado a la presencia de una pared – membrana de tubos hervidores, produce un excelente aprovechamiento de la radiación térmica producida por la combustión.

Cuando queremos producir la combustión de productos que previamente podemos clasificar por tamaño, una alternativa válida es la combustión directa en la cámara torsional de los de menor granulometría y los de mayor tamaño gasificarlos en una antecámara y proceder a la oxidación térmica de los gases resultantes. Es decir estas cámaras pueden trabajar simultáneamente con el ingreso de combustibles sólidos y gases combustibles proveniente de un gasógeno.

Estos sistemas de combustión formados por cámaras quemadores torsionales caldera de tubos de agua permiten alcanzar en la práctica rendimientos térmicos en el rango del 82 al 89%, con temperaturas de salidas de gases de 190°C y emisiones de gases de CO<sub>2</sub> del 18 - 19% y CO prácticamente 0. Los valores de NO<sub>x</sub> obtenidos en los gases de combustión son muy inferiores a los sistemas tradicionales de combustión, debido a que en la cámara torsional la combustión por ser completamente controlada se puede realizar a bajas temperaturas (1.200 °C) hecho de significativa importancia para el control de la generación NO<sub>x</sub>.

Los prolongados tiempos de residencia que se alcanzan en este sistema aseguran niveles de inquemados realmente bajos.

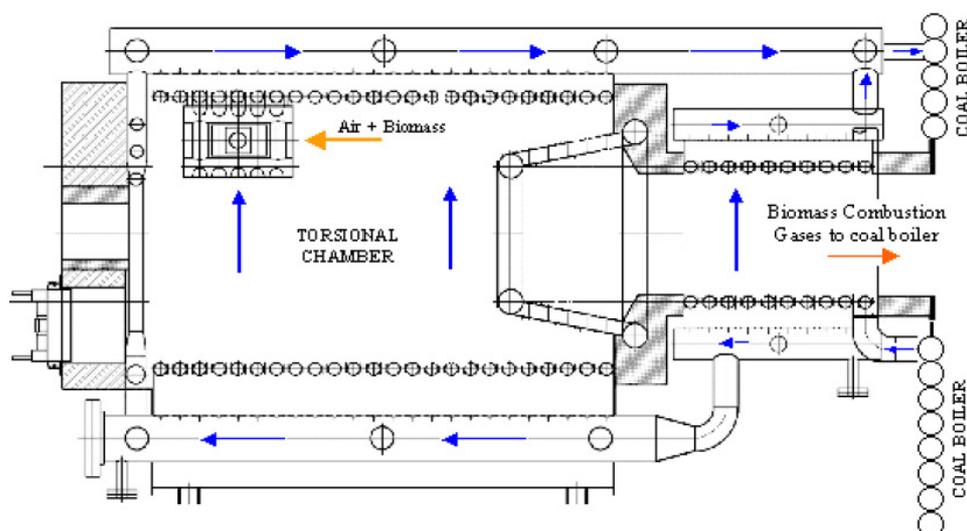


Figura 2. Remodelación de la cámara torsional en el diagrama utilizado de la caldera Fuente Royo, J.; Sebastián, F.; Canalís, P and Rodríguez, N. The Torsional Chamber as an Alternative to the Technologies Usually Employed in Biomass Co-firing. CIRCE Foundation – Centre of Research for Energy Resources and Consumptions

La cámara de combustión torsional puede alimentarse con distintos tipos de mezcla combustible y obviamente según la composición de la mezcla combustible se pueden presentar limitaciones en la capacidad y rendimiento de las cámaras, no obstante para el arranque y sostenimiento de la llama se podrán exigir la marcha con combustible auxiliar gas natural, que puede eliminarse una vez estabilizada la combustión con el combustible propuesto.

#### **4. CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA Y EQUIPOS ASOCIADOS**

Se indican a continuación las especificaciones detalladas de los nuevos equipos a incorporar a la planta como medio de corrección de los originales que no cumplieron las expectativas iniciales.

##### **4.1. ALMACENAMIENTO DE ASTILLAS Y ALIMENTACIÓN A CALDERA**

Se incluye un silo para el almacenamiento de astillas de madera (Anexo 1).

El cerramiento consistirá en placas prefabricadas de hormigón colocadas en pilares guías estructurales de acero tipo IPE formando las paredes.

La descarga de astillas se realiza por la parte inferior directamente sobre la zona central en un transportador de cadena (redler).

#### **4.2.SISTEMA DE COMBUSTIÓN**

El sistema de combustión previsto estará compuesto, después del sistema de alimentación y dosificación del combustible, por:

- Quemador.
- Gasificadores.
- Quemador de encendido de gas natural.
- Reactor

Se presentan aquellas más trascendentes que hacen a la eficiencia del ciclo y a la mayor disponibilidad del conjunto de la planta.

##### **4.2.1.QUEMADOR.**

El quemador Coen DAZ (zona de aire doble) quema virutas de madera y residuos de biomasa mediante zonas de tipo persiana concéntricas que dividen la corriente de aire de combustión en dos secuencias de contrarrotación.

Con respecto a la caldera en si misma se la dotará de doble sistema de combustión, por un lado un sistema de gasificación (dos gasificadores y una cámara torsional para quemar el gas resultante) y una cámara torsional para quemar finos o tipo serrín de baja granulometría, menor de 20 mm.

##### **4.2.2.GASIFICADORES DE MADERA**

Instalados en paralelo para asegurar una termodestrucción constante ante cualquier contingencia, donde se piroliza la misma produciendo un gas de síntesis el cual es quemado en una cámara torsional diseñado para producir hasta el **100%** de la capacidad de vapor (40 T/h) gasificando tanto biomasa forestal como de origen industrial de subproductos de fabricación de la industria de puertas y muebles.

Este sistema permite una combustión perfecta, con mínimo exceso de aire, de excelente regulación y velocidad de respuesta. Esto se traduce en una mejor calidad de gases de salida en lo que implica el tratamiento de los mismos, el cual se basa en generar menos contaminantes a tratar en el gas para cumplir con la normativa ambiental más exigente.

El serrín se quemará en forma independiente de los gasógenos mediante una cámara ciclónica refrigerada por circulación interna de agua, llamada cámara torsional, diseñada para generar hasta el **70%** de la capacidad de la caldera (cada una).

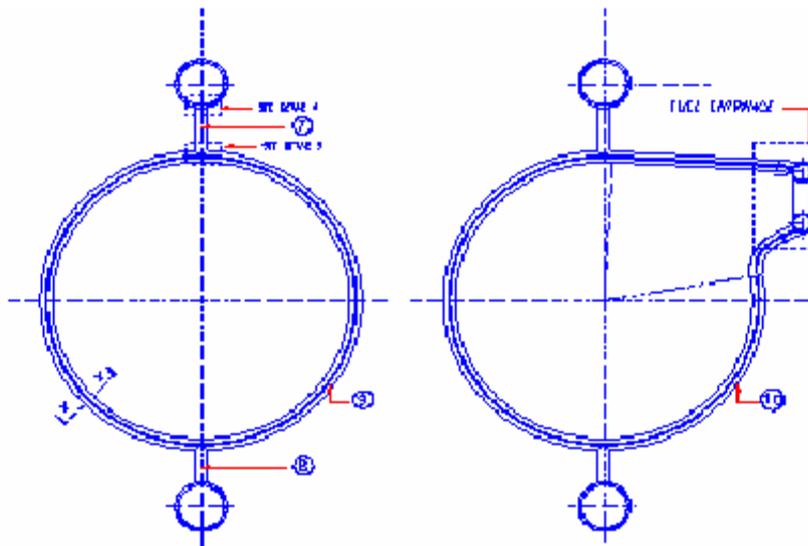
En dicha cámara de combustión las partículas permanecen a una temperatura superior a los 850 °C por más de 2 segundos en un todo de acuerdo a la exigencia del RD 653/2003.

#### **4.2.3.CÁMARA TORSIONAL**

Las unidades propuestas están conformadas con tubos de acero al carbono con membrana soldada, para tener total estanqueidad y optimizar la transferencia de calor.

Los tubos circulares se conectan a colectores superiores e inferiores, los cuales a su vez se comunican al circuito de agua de la caldera.

La entrada de aire se realiza por medio de un ventilador, el cual sopla dentro de una caja de aire cilíndrica que rodea la cámara, construida con chapa de acero al carbono de 6 mm de espesor. Las toberas se encuentran intercaladas entre los tubos y soldadas a la membrana.



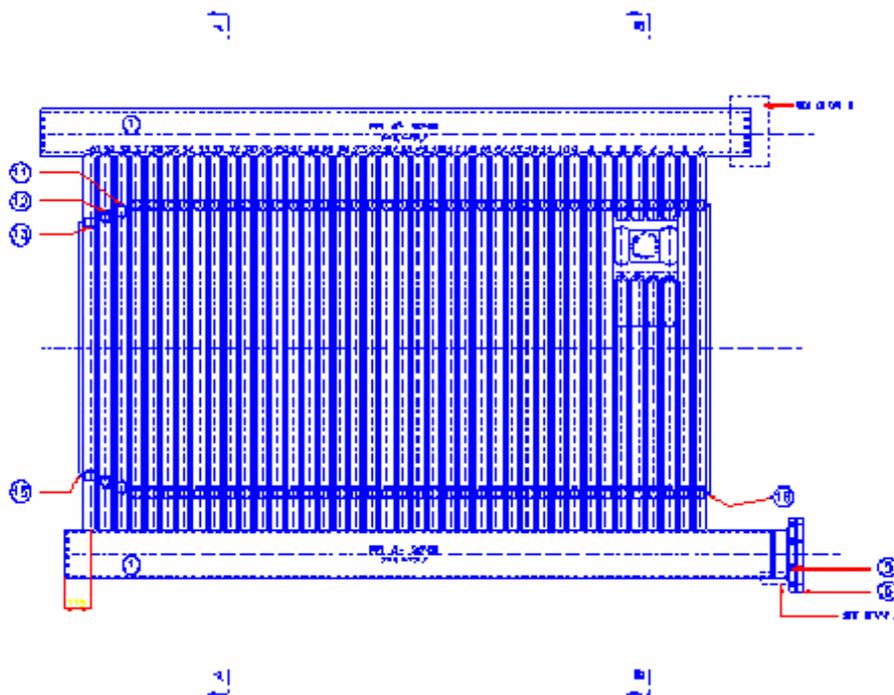


Figura 3: vista y alzado de cámara torsional

El diseño de la cámara logra tiempos de permanencia de la partícula antes de ser quemada del orden de 30 a 50 veces más alto que en los sistemas tradicionales. A través del vórtice que se da al aire de combustión, la partícula se mantiene rotando por fuerza centrífuga hasta que por combustión total pierde masa, se achica su radio de rotación y es absorbida por el tiro inducido de la caldera.

Se logran con este sistema combustiones completas con muy poco exceso de aire, logrando rendimientos muy altos en comparación con los equipos de quema directa.

#### **4.3.QUEMADOR DE ENCENDIDO DE GAS-NATURAL.**

Se suministrará un quemador de gas natural de 15 MWth para arranque y un eventual apoyo de carga en los demás casos. La potencia del quemador se ha estimado para satisfacer las temperaturas requeridas para el diseño de la instalación en los momentos de paro y arranque de caldera según la normativa vigente para instalaciones incineradoras.

El quemador será del tipo compacto para gas natural con alimentación de aire integrada.

#### **4.4. REACTOR**

El reactor será de tipo cilíndrico marca AISI modelo L304.

Diámetro: 3.600 a 3.800 mm

Altura: 13.000 a 15.000 mm

Material de construcción: Acero al carbono

Espeso del reactor: 5 mm

Calorifugado: Si

Espesor de calorifugado: 100 mm

#### **RENDIMIENTO**

El rendimiento de la caldera será de **88 % +/- 1 %** en base al PCI en b.h. de diseño y considerando la caldera limpia. El cálculo del rendimiento está basado en el siguiente modo de funcionamiento:

- 70 % astillas y 30% serrín, por considerarse éste el futuro punto de funcionamiento de la instalación.

## ÍNDICE PLANOS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1.Plano de localización del Proyecto</b>           | <b>1</b>  |
| <b>2.Plano de emplazamiento.</b>                      | <b>2</b>  |
| <b>3.Plano de las instalaciones.</b>                  | <b>3</b>  |
| <b>4. Plano de la cubierta.</b>                       | <b>4</b>  |
| <b>5. Uniones del nudo 1.</b>                         | <b>5</b>  |
| <b>6. Uniones del nudo 2.</b>                         | <b>6</b>  |
| <b>7. Uniones del nudo 3.</b>                         | <b>7</b>  |
| <b>8. Uniones del nudo 4.</b>                         | <b>8</b>  |
| <b>9. Uniones del nudo 5.</b>                         | <b>9</b>  |
| <b>10. Placa de anclaje.</b>                          | <b>10</b> |
| <b>11. Plano de planta de cimentacion definitiva.</b> | <b>11</b> |
| <b>12. Plano estructura definitiva.</b>               | <b>12</b> |

## ÍNDICE PRESUPUESTO

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| <b>1. MEDICIONES.</b>              | <b>2</b>  |
| <b>2. CUADRO DE DESCOMPUESTOS.</b> | <b>13</b> |
| <b>3. PRESUPUESTOS PARCIALES.</b>  | <b>36</b> |
| <b>4. RESUMEN DE PRESUPUESTO.</b>  | <b>51</b> |

## MEDICIONES

| <b>Código</b>                               | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Cantidad</b> |
|---|------------|---|-----------------|
| <b>CAPÍTULO 1.1 PREPARACION DEL TERRENO</b> |            |   |                 |
| <b>01TLL00100</b>                           | m2         | <b>LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO, CON MEDIOS MECANICOS</b><br><br>Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con ayuda de medios auxiliares.   | <b>600.00</b>   |
| <b>02AVV00003</b>                           | m3         | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b><br><br>Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural.                                | <b>572.00</b>   |
| <b>02ACC00003</b>                           | m3         | <b>EXCAVACIÓN APERTURA DE ZANJA, TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b><br><br>Excavación, en apertura de caja, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso perfilado de fondo, hasta una profundidad máxima de 50 cm. Medida en perfil natural. | <b>13.76</b>    |
| <b>02AVV00002</b>                           | m3         | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA</b><br><br>Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural.                                  | <b>14.00</b>    |
| <b>02TMM00024</b>                           | m3         | <b>TRANSPORTE TIERRAS SOBANTES, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS</b><br><br>Transporte de tierras realizado en camión basculante, a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.                        | <b>420.00</b>   |

## MEDICIONES

| Código                                    | Uds | Descripción   | Cantidad      |
|---|-----|---|---------------|
| <b>CAPÍTULO 1.2 CIMENTACION y SOLERIA</b> |     |   |               |
| 02RRM00001                                | m3  | <b>ENCACHADO DE PIEDRA 40/81 e= 15 cm espesor en sub-base de solera</b><br>Relleno con tierras realizado con medios mecánicos, en tongadas de 20 cm comprendiendo: extendido, regado y compactado al 95% proctor normal. Medido en perfil compactado.   | <b>600.00</b> |
| HO.350                                    | m2  | <b>Encof/desenc. zapatas y riostras</b><br>Encofrado y desencofrado en zapatas, vigas riostras de cimentación.  | <b>180.00</b> |
| 03HRZ80030                                | m3  | <b>HORM. ARM. HA-25/P/40/IIa B400S EN ZAPATAS Y ENCEPADOS V/GRÚA</b><br>Hormigón armado HA-25/P/40/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 40 mm, en zapatas y encepados, suministrado y puesta en obra, vertido con grúa, armadura de acero B 400 S con una cuantía de 40 Kg/m3, incluso ferrallado, separadores, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volúmen teórico ejecutado. | <b>19.36</b>  |
| 10SSS90001                                | m2  | <b>SOLERA HORMIGÓN HA-25 #150x150x6 mm 15 cm ESP.</b><br>Solera de hormigón HA-25 formada por: compactado de base, capa de arena de 10 cm de espesor, lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor, mallazo galvanizado 150*150*6 mm, y p.p. de junta de contorno. Medida deduciendo huecos mayores de 0,50 m2.  | <b>586.00</b> |
| CC.430                                    | ud  | <b>ENSAYO 3 PROBETAS, HORMIGON</b><br>Toma de muestras de hormigón fresco incluyendo muestreo, medida de asiento de cono, fabricación de hasta 3 probetas cilíndricas, curado, refrentado y rotura a 28 días.   | <b>1.00</b>   |
| CC.500                                    | ud  | <b>ENSAYO COMPLETO DE ACERO CORRUGADO</b><br>Ensayo de doblado a bajas temperaturas, de láminas impermeables, según Norma UNE 53358/84.   | <b>1.00</b>   |

## MEDICIONES

| Código                                  | Uds | Descripción  | Cantidad |
|---|-----|--|----------|
| <b>CAPÍTULO 1.3 ESTRUCTURA METÁLICA</b> |     |  |          |
| 05ACJ00001                              | kg  | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA IPE 360</b><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. | 6,391.77 |
| 05ACJ00040                              | kg  | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA IPE 300</b><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal.  | 7,008.61 |
| MY..25                                  | ud  | <b>TORNILLO DE ENSABLAJE CON TUERCA Y ARANDELA</b>   | 467.00   |
| 05ACJ00046                              | kg  | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA UPE 360</b><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. | 913.11   |
| 05ACW00161                              | ud  | <b>PLACA DE ANCLAJE S 275 300 mm x500 mm e= 18 mm</b><br>Entramado formado por retícula de pletina en las dos direcciones, uniones sol dadas, incluso corte y elaboración, acoplamiento y montaje, lijado, con capa de imprimación antioxidante, p.p. de soldadura, rigidizadores, cubrejuntas y piezas especiales pernos de anclaje; construido según CTE. Medida la superficie ejecutada.                  | 20.00    |
| D05DC102                                | M2  | <b>CORREAS S 275 IPE 100</b><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal.   | 720.00   |

## MEDICIONES

| Código | Uds | Descripción | Cantidad |
|--------|-----|-------------|----------|
|--------|-----|-------------|----------|

### CAPÍTULO 1.4 CUBIERTA

|            |    |   |  |
|------------|----|---|--|
| 07IGF00011 | m2 | <b>FALDÓN DE PANEL AISLANTE CHAPA CONF. TIPO SANDWICH</b> |  |
|------------|----|---|--|

Faldón de panel aislante de chapa conformada tipo sandwich de 30 mm de espesor, formado por dos chapas conformadas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor, acabados exteriormente con resina de poliéster silicona y relleno interiormente por inyección con espuma de poliuretano rígido con una densidad de 40 kg/m<sup>3</sup>, incluso p.p. de tapajuntas de 0,7 mm de espesor del mismo material y acabado que las chapas del panel. Medido en verdadera magnitud deduciendo huecos mayores de 1 m<sup>2</sup>.

**646.50**

## MEDICIONES

**Código Uds Descripción**

**Cantidad**

### CAPÍTULO 1.5 CERRAMIENTOS

**06PHW80023 m2 PANEL DE CERRAMIENTO DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE e= 28 CM**

Panel de hormigón prefabricado de 4,95x50x28 cm., recibida con mortero M5 de cemento CEM II/A-L 32,5 N, con plastificante, incluso rejuntado. Medida la longitud ejecutada.

**856.00**

## MEDICIONES

| Código | Uds | Descripción | Cantidad |
|--------|-----|-------------|----------|
|--------|-----|-------------|----------|

### CAPÍTULO 1.7 URBANIZACION Y OBRA CIVIL

|            |    |  |      |
|------------|----|--|------|
| 15WCC00035 | U  | <b>PORTÓN DE NAVE Portones de entrada a la nave fabricadas en acero de 2 hojas de 2,5 Mx 5 M</b><br>PORTON DE CERRAJERIA ARTISTICA DE DOS HOJAS ABATIBLES, FORMADA POR: PANELES VERTICALES,, MARCO DE PLETINAS DE 50X100 CM.:. EN CADA HOJA; ., INCLUSO P.P. D CERRADURA, CERROJILLO, HERRAJES DE SUJECCION, ANCLAJES MATERIAL DE AGARRE Y AYUDA DE ALBAÑILERIA. MEDIDA LA SUPERFICIE EJECUTADA. | 1.00 |
| SHY290     | ud | <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b><br>Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C.   | 6.00 |

## MEDICIONES

**Código Uds Descripción**

**Cantidad**

### CAPÍTULO 1.8 FONTANERIA Y SANEAMIENTO

**15SDE00050 u DESAGÜE DIÁM. 200 mm EN COND. PVC. DIÁM. 200 mm**

Desagüe diámetro 200 mm, a instalar en conducción de PVC diámetro 125 mm, formado por: derivación en "T" 125x75 pe100 PN-16, codo 90° PVC 200 PN-16 diámetro 75 mm, portabridas diámetro 75 mm con brida loca diámetro 80 mm PN-16, válvula metal-metal de fundición nodular diámetro 80 mm y carrete de tubería de polietileno diámetro 75 mm, incluso tornillería, juntas de goma, p.p. de soldadura a tope de juntas y pozo de registro circular de diámetro 1.20 m y 1,50 m de profundidad, formado por solera de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor, fábrica de ladrillo perforado de un pie de espesor, enfoscado y bruñido por el interior, patés de hierro recubierto de polipropileno y cerco y tapa de hierro fundido reforzado, excavación en tierras con medios mecánicos, relleno con medios manuales y compactado con pisón mecánico manual. Medida la unidad ejecutada.

**2.00**

**SPV.55 m Tub.corr.sane.PVC DN200mm,r.0.04kg/cm2(Gris)d**

Tubería corrugada de saneamiento de PVC de 200 mm de diámetro nominal y 0,04 kg/cm2 de rigidez, unión con junta elástica, incluyendo materiales a pie de obra, montaje y colocación. En condiciones tales que ocasionen una mayor dificultad de ejecución. No se incluye las piezas especiales, ni la excavación de la zanja, ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma. Todo ello y otras operaciones si las hubiese, se valorará aparte según las necesidades del proyecto.

**150.00**

**15SCP00005 m COND. PVC DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.**

Conducción de PVC de diámetro 90 mm exterior y 84 mm interior PN-16, con unión por junta elástica, incluso p.p. de prueba en zanja a presión normalizada. Medida la longitud instalada.

**163.00**

**15SPP00005 u CODO EE 45/90° DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.**

Codo enchufe-enchufe 45/90° diámetro 90 mm PN-16, de PVC con junta elástica, incluso anclaje . Medida la unidad instalada.

**1.00**

**D25NP020 ML Canalón PVC 20 mm**

Canalón de PVC de 20 mm. de diámetro fijado con abrazaderas al tejado, i/pegamento y piezas especiales de conexión a la bajante, totalmente instalado s/NTE-QTS-7.

**60.00**

**D03AG153 MI Tubería PVC 90 mm para bajante de canalón**

Tubería de PVC-TERRAIN de 90 mm., según norma UNE 53332, para colectores enterrados, sin arquetas, con p.p. de accesorios, totalmente instalada.

**15.00**

---

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## CAPÍTULO 1.9 ELECTRICIDAD

|                 |   |  |               |
|-----------------|---|--|---------------|
| <b>D27GG001</b> | <b>MI Toma tierra estructura</b>              | Toma de tierra a estructura en terreno calizo ó de rocas eruptivas para edificios, con cable de cobre desnudo de 1x35 m2 electrodos cobrizados de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud con conexión mediante soldadura alumino-térmica.   | <b>15.00</b>  |
| <b>D27JC005</b> | <b>ML Circuito "usos varios" PVC</b>          | Circuito "usos varios" realizado con tubo PVC corrugado de D=16/gp. 5 y conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 2,5 mm2., en sistema monofásico, (activo, neutro y protección), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.  | <b>300.00</b> |
| <b>D27CI001</b> | <b>UD Caja general protección 160A</b>        | Caja general de protección de 160A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 160A para protección de la línea re partidora situada en fachada o nicho mural.  | <b>2.00</b>   |
| <b>D27KA502</b> | <b>Ud Punto luz sencillo múltiple LEGRAND</b> | Punto de luz sencillo múltiple garaje (hasta tres puntos accionados con un mismo interruptor) de 10A superficial, realizado en tubo rígido D=13/gp7 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5mm2, así como interruptor superficie "plexo" LEGRAND, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado.   | <b>15.00</b>  |
| <b>D27KB221</b> | <b>UD ILUMINACION DE EMERGENCIA</b>           | Punto conmutado sencillo realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm2., incluido caja registro, caja mecanismo universal con tornillo, conmutadores LEGRAND-PRESIDENTE blanco y marco respectivo, totalmente montado e instalado.  | <b>4.00</b>   |
| <b>D27OA201</b> | <b>UD Base enchufe LEGRAND</b>                | Base enchufe con toma de tierra desplazada realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar, aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm2. (activo, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe 10/16 A (II+T.T.) LEGRAND-DIPLOMAT B, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. | <b>18.00</b>  |

## CAPÍTULO 1.10 SEGURIDAD Y SALUD

|               |  |              |
|---------------|--|--------------|
| <b>SHY.20</b> | par <b>Manoplas para soldador</b><br>Manoplas de protección para soldador, fabricadas en cuero flor con ajuste de muñecas mediante bandas textiles elásticas.  | <b>2.00</b>  |
| <b>SHY.25</b> | par <b>Polainas para soldador</b><br>Polainas de cuero para protección en trabajos de soldadura con sujeción mediante hebillas.  | <b>2.00</b>  |
| <b>SHY.30</b> | par <b>Guantes para soldador</b>   | <b>2.00</b>  |
| <b>SHY.35</b> | par <b>Guantes protección riesgo eléctrico BT</b><br>Guantes de protección de riesgo eléctrico en baja tensión, fabricados en material aislante, para instalaciones de hasta 430 V, homologados s/MT-4, clase I. | <b>3.00</b>  |
| <b>SHY.40</b> | par <b>Guantes goma o PVC</b><br>Guantes de protección de longitud media fabricados en goma o PVC para trabajos húmedos de albañilería.  | <b>20.00</b> |
| <b>SHY.45</b> | par <b>Guantes cuero</b><br>Guantes de protección de longitud media, fabricados en cuero.  | <b>30.00</b> |
| <b>SHY.50</b> | par <b>Botas impermeables</b><br>Botas de seguridad, de caña alta, fabricadas en material impermeable, con suela antideslizante, homologadas s/MT-27, clase N.   | <b>5.00</b>  |
| <b>SHY.60</b> | par <b>Zapatos de seguridad</b><br>Zapatos de trabajo, provistos de puntera reforzada y plantilla de seguridad, con suelas antideslizantes.  | <b>10.00</b> |
| <b>SHY.65</b> | par <b>Botas material aislante eléctrico</b><br>Botas de seguridad caña alta, fabricadas en material aislante eléctrico, con suela antideslizante.   | <b>3.00</b>  |
| <b>SHY.85</b> | ud <b>Orejas</b><br>Orejas compuestas por dos casquetes ajustables con elementos almohadillados, sujetos por arnés y recambiables, homologa-dos s/MT-2, clase E.   |              |

|               |   |   |              |
|---------------|---|---|--------------|
|               |   |   | <b>10.00</b> |
| <b>SHY100</b> | ud <b>Cinturón seguridad anticaidas</b>       | Cinturón de seguridad anticaida formado por faja dotada de hebilla de cierre con arnés para espalda, hombros y pecho ; con argolla en "D"en acero estampado ubicada en la cruceta del arnés a la espalda para cuelgue; con cuerda de amarre de 1.5 m de longitud dotada de mosquetón de enganche; fabricado en fibra de poliéster y cuerda de nylon; homologada s/MT-22, clase C, tipo 1. | <b>2.00</b>  |
| <b>SHY105</b> | ud <b>Chaleco reflectante</b>                 | Chaleco reflectante formado por peto y espaldera en tejido sintético, color amarillo, ajustable.  | <b>10.00</b> |
| <b>SHY120</b> | ud <b>Mascarilla antifiltrante para polvo</b> | Mascarilla antifiltrante, para ambientes con polvo únicamente, que consta de cuerpo, arnés de sujeción y válvula de exhalación, homologada s/MT-9.  | <b>10.00</b> |
| <b>SHY130</b> | ud <b>Casco de seguridad</b>                  | Casco de seguridad, uso normal, fabricado en material plástico, dotado de arnés, antisudatorio frontal, homologado s/MT-1, clase N.   | <b>10.00</b> |
| <b>SHY135</b> | ud <b>Pantalla contra radiaciones</b>         | Pantalla de protección contra radiaciones, con marco soporte ocular fijo y cubre-filtro, dotado de arnés y antisudatorio frontal, homologado s/MT-3, MT-18 y MT-19.   | <b>2.00</b>  |
| <b>SHY140</b> | ud <b>Gafas contra impacto</b>                | Gafas contra impacto en los ojos, con montura de acetato, con patillas adaptables, visores de vidrio neutro , tratados e inastillables, panorámicos, clase D, homologadas s/MT-16 Y M7-17.  | <b>10.00</b> |
| <b>SHY565</b> | ud <b>Botiquín portátil de obra</b>           | Botiquín portátil de obra para primeros auxilios, conteniendo el material que especifica la O.G.H.T.  | <b>1.00</b>  |
| <b>SHY595</b> | ud <b>Reconocimiento médico</b>               | Reconocimiento médico obligatorio efectuado a los trabajadores al comienzo de la obra o transcurrido un año desde el reconocimiento inicial.  | <b>10.00</b> |
| <b>SHY635</b> | h <b>Formación en Seguridad e Higiene</b>     | Formación específica en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo según riesgos previsibles en la ejecución de la obra.  | <b>10.00</b> |

|               |    |  |               |
|---------------|----|--|---------------|
| <b>SHY715</b> | ud | <b>Interruptor diferencial media sensibilidad de obra</b>  | <b>1.00</b>   |
| <b>SHY725</b> | m2 | <b>Valla provisional obra</b><br>Valla de cerramiento provisional de obra de 2 m de altura, de chapa plegada de acero galvanizado colocada en guías metálicas verticales, incluso cimentación, mantenimiento y retirada. | <b>120.00</b> |
| <b>SHY290</b> | ud | <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b><br>Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C.   | <b>1.00</b>   |

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **13** **Precio** **Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.1 PREPARACION DEL TERRENO

|                   |           |   |  |  |       |                           |             |
|-------------------|-----------|---|--|--|-------|---------------------------|-------------|
| <b>01TLL00100</b> | <b>m2</b> |   | <b>LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO, CON MEDIOS MECANICOS</b>  |  |       |                           |             |
|                   |           |   | Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con ayuda de medios auxiliares. |  |       |                           |             |
| TP00100           | 0.003     | h | PEÓN ESPECIAL  |  | 18.28 |                           | 0.05        |
| ME00300           | 0.015     | h | PALA CARGADORA   |  | 23.87 |                           | 0.36        |
|                   |           |   |  |  |       | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>0.41</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS.

|                   |           |   |   |  |       |                           |             |
|-------------------|-----------|---|---|--|-------|---------------------------|-------------|
| <b>02AVV00003</b> | <b>m3</b> |   | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b>   |  |       |                           |             |
|                   |           |   | Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural. |  |       |                           |             |
| TP00100           | 0.013     | h | PEÓN ESPECIAL   |  | 18.28 |                           | 0.24        |
| ME00400           | 0.018     | h | RETROEXCAVADORA   |  | 34.98 |                           | 0.63        |
|                   |           |   |   |  |       | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>0.87</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

|                   |           |   |  |  |       |                           |             |
|-------------------|-----------|---|--|--|-------|---------------------------|-------------|
| <b>02ACC00003</b> | <b>m3</b> |   | <b>EXCAVACIÓN APERTURA DE ZANJA, TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b>  |  |       |                           |             |
|                   |           |   | Excavación, en apertura de caja, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso perfilado de fondo, hasta una profundidad máxima de 50 cm. Medida en perfil natural. |  |       |                           |             |
| ME00300           | 0.031     | h | PALA CARGADORA   |  | 23.87 |                           | 0.74        |
|                   |           |   |  |  |       | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>0.74</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

---

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código     | Cantidad | Uds | Descripción  | Precio Imp                | EURO        |
|------------|----------|-----|--|---------------------------|-------------|
| 02AVV00002 | m3       |     | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA</b><br>Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural. |                           |             |
| TP00100    | 0.016    | h   | PEÓN ESPECIAL  | 18.28                     | 0.29        |
| ME00400    | 0.020    | h   | RETROEXCAVADORA  | 34.98                     | 0.70        |
|            |          |     |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>0.99</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código     | Cantidad | Uds | Descripción  | 15 | Precio                    | Imp | EURO        |
|------------|----------|-----|--|----|---------------------------|-----|-------------|
| 02TMM00024 |          | m3  | <b>TRANSPORTE TIERRAS SOBRANTES, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS</b>  |    |                           |     |             |
|            |          |     | Transporte de Tierras realizado en camión basculante, a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado. |    |                           |     |             |
| ME00300    | 0.030    | h   | PALA CARGADORA   |    | 23.87                     |     | 0.72        |
| MK00100    | 0.180    | h   | CAMIÓN BASCULANTE  |    | 25.60                     |     | 4.61        |
|            |          |     |  |    | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |     | <b>5.33</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código  | Cantidad  | Uds | Descripción   | Precio                    | Imp           |
|---|-----------|-----|---|---------------------------|---------------|
|   |           |     |   | EURO                      |               |
| <b>CAPÍTULO 1.2 CIMENTACION y SOLERIA</b>   |           |     |   |                           |               |
| <b>02RRM00001</b>   | <b>m3</b> |     | <b>ENCACHADO DE PIEDRA 40/81 e= 15 cm espesor en sub-base de solera</b> |                           |               |
| Relleno con tierras realizado con medios mecánicos, en tongadas de 20 cm comprendiendo: extendido, regado y compactado al 95% proctor normal. Medido en perfil compactado.  |           |     |   |                           |               |
| ME00300   | 0.010     | h   | PALA CARGADORA  | 23.87                     | 0.24          |
| MK00200   | 0.005     | h   | CAMIÓN TRANSPORTE   | 30.30                     | 0.15          |
| MR00400   | 0.012     | h   | RULO VIBRATORIO   | 23.28                     | 0.28          |
| PY..20  | 0.150     | m3  | Piedra caliza sin trabajar  | 9.02                      | 1.35          |
|   |           |     |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>2.02</b>   |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS EUROS con DOS CÉNTIMOS.  |           |     |   |                           |               |
| <b>HO.350</b>   | <b>m2</b> |     | <b>Encof/desenc. zapatas y riostras</b>                                 |                           |               |
| Encofrado y desencofrado en zapatas, vigas riostras de cimentación.   |           |     |   |                           |               |
| MY..10  | 0.013     | m3  | Madera (pie de obra)  | 154.01                    | 2.00          |
| %CDP10  | 10.000    | %   | Carga, descarga y pérdidas  | 2.00                      | 0.20          |
| OY..30  | 0.290     | h   | Maquinista 1ª u Oficial 1ª  | 13.20                     | 3.83          |
| OY..80  | 0.290     | h   | Peón Régimen General  | 7.83                      | 2.27          |
| O%MA..2   | 2.000     | %   | Medios auxil.y protecc.personales ordinarias                            | 6.10                      | 0.12          |
| MY..20  | 0.150     | kg  | Puntas (pie de obra)  | 1.31                      | 0.20          |
| MY..30  | 0.100     | kg  | Alambre (pie de obra)   | 0.90                      | 0.09          |
|   |           |     |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>8.71</b>   |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con SETENTA Y UN CÉNTIMOS.  |           |     |   |                           |               |
| <b>03HRZ80030</b>   | <b>m3</b> |     | <b>HORM. ARM. HA-25/P/40/IIa B400S EN ZAPATAS Y ENCEPADOS V/GRÚA</b>    |                           |               |
| Hormigón armado HA-25/P/40/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 40 mm, en zapatas y encepados, suministrado y puesta en obra, vertido con grúa, armadura de acero B 400 S con una cuantía de 40 Kg/m3, incluso ferrallado, separadores, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volúmen teórico ejecutado. |           |     |   |                           |               |
| 03ACC0001040.000  | kg        |     | ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENT.                             | 1.14                      | 45.60         |
| 03HAZ000021.000   | m3        |     | HORMIGÓN HA-25/P/40/IIa EN ZAPATAS Y ENCEPADOS                          | 68.34                     | 68.34         |
|   |           |     |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>113.94</b> |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TRECE EUROS con   |           |     |   |                           |               |
| NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.  |           |     |   |                           |               |

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código                    | Cantidad  | Uds | Descripción  | Precio | ImpEURO      |
|---------------------------|-----------|-----|--|--------|--------------|
| <b>10SSS90001</b>         | <b>m2</b> |     | <b>SOLERA HORMIGÓN HA-25 #150x150x6 mm 15 cm ESP.</b><br>Solera de hormigón HA-25 formada por: compactado de base, capa de arena de 10 cm de espesor, lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor, mallazo galvanizado 150*150*6 mm, y p.p. de junta de contorno. Medida deduciendo huecos mayores de 0,50 m2. |        |              |
| TO02200                   | 0.200     | h   | OFICIAL 2ª   | 18.74  | 3.75         |
| TP00100                   | 0.250     | h   | PEÓN ESPECIAL  | 18.28  | 4.57         |
| AA00300                   | 0.150     | m3  | ARENA GRUESA   | 6.53   | 0.98         |
| CA00620                   | 3.000     | kg  | ACERO ELECTROSOLDADO ME B 400 EN MALLA   | 0.93   | 2.79         |
| CH02920                   | 0.162     | m3  | HORMIGÓN HA-25/P/20/Ila, SUMINISTRADO  | 60.26  | 9.76         |
| XI01100                   | 1.111     | m2  | LÁMINA POLIETILENO 0,2 mm  | 0.60   | 0.67         |
| XT14000                   | 0.003     | m3  | POLIESTIRENO PLANCHAS RIGIDAS, DENS. 12 kg/m3  | 178.60 | 0.54         |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |     |  |        | <b>23.06</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES EUROS con SEIS CÉNTIMOS.

|                           |           |  |   |  |              |
|---------------------------|-----------|--|---|--|--------------|
| <b>CC.430</b>             | <b>ud</b> |  | <b>ENSAYO 3 PROBETAS, HORMIGON</b><br>Toma de muestras de hormigón fresco incluyendo muestreo, medida de asiento de cono, fabricación de hasta 3 probetas cilíndricas, curado, refrentado y rotura a 28 días. |  |              |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |  |   |  | <b>89.19</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y NUEVE EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS.

|                           |           |  |   |  |              |
|---------------------------|-----------|--|---|--|--------------|
| <b>CC.500</b>             | <b>ud</b> |  | <b>ENSAYO COMPLETO DE ACERO CORRUGADO</b><br>Ensayo de doblado a bajas temperaturas, de láminas impermeables, según Norma UNE 53358/84. |  |              |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |  |   |  | <b>84.14</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y CUATRO EUROS con CATORCE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **18** **Precio** **Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.3 ESTRUCTURA METÁLICA

|                   |           |    |   |  |       |  |              |
|-------------------|-----------|----|---|--|-------|--|--------------|
| <b>05ACJ00001</b> | <b>kg</b> |    | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA IPE 360</b>   |  |       |  |              |
|                   |           |    | Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. |  |       |  |              |
| TA00200           | 0.020     | h  | AYUDANTE ESPECIALISTA   |  | 18.42 |  | 0.37         |
| TO01600           | 0.020     | h  | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA   |  | 19.23 |  | 0.38         |
| CA01300           | 1.080     | kg | ACERO PERFILES IPE 360  |  | 0.83  |  | 0.90         |
| WW00300           | 0.080     | u  | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES  |  | 0.55  |  | 0.04         |
| WW00400           | 0.080     | u  | PEQUEÑO MATERIAL  |  | 0.30  |  | 0.02         |
| MQ.247            | 0.300     | h  | Elevador telescópico 71/100 CV  |  | 25.56 |  | 7.67         |
| MQ.228            | 0.300     | h  | Camión volquete grúa 191/240 CV   |  | 26.07 |  | 7.82         |
|                   |           |    | <b>TOTAL PARTIDA.....</b>   |  |       |  | <b>17.20</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.

|                   |           |    |  |  |       |  |              |
|-------------------|-----------|----|--|--|-------|--|--------------|
| <b>05ACJ00040</b> | <b>kg</b> |    | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA IPE 300</b>  |  |       |  |              |
|                   |           |    | Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. |  |       |  |              |
| TA00200           | 0.020     | h  | AYUDANTE ESPECIALISTA  |  | 18.42 |  | 0.37         |
| TO01600           | 0.370     | h  | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA  |  | 19.23 |  | 7.12         |
| CA01400           | 1.080     | kg | ACERO PERFILES IPE 300 CON CARTELAS VIGAS ESTRUCT SOLD.  |  | 0.83  |  | 0.90         |
| WW00300           | 0.060     | u  | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES   |  | 0.55  |  | 0.03         |
| WW00400           | 0.080     | u  | PEQUEÑO MATERIAL   |  | 0.30  |  | 0.02         |
| MQ.247            | 0.150     | h  | Elevador telescópico 71/100 CV   |  | 25.56 |  | 3.83         |
| MQ.228            | 0.200     | h  | Camión volquete grúa 191/240 CV  |  | 26.07 |  | 5.21         |
|                   |           |    | <b>TOTAL PARTIDA.....</b>  |  |       |  | <b>17.48</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con CUARENTA

Y OCHO CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **19** **Precio Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.3 ESTRUCTURA METÁLICA

|                   |           |   |  |  |                           |              |  |
|-------------------|-----------|---|--|--|---------------------------|--------------|--|
| <b>05ACJ00046</b> | <b>kg</b> | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA UPE 360</b>   |  |  |                           |              |  |
|                   |           | Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. |  |  |                           |              |  |
| TA00200           | 0.020     | h   | AYUDANTE ESPECIALISTA                      |  | 18.42                     | 0.37         |  |
| TO01600           | 0.020     | h   | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA                  |  | 19.23                     | 0.38         |  |
| CA01300           | 1.080     | kg  | ACERO PERFILES UPE 360                     |  | 0.41                      | 0.90         |  |
| WW00300           | 0.080     | u   | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES |  | 0.55                      | 0.04         |  |
| WW00400           | 0.080     | u   | PEQUEÑO MATERIAL                           |  | 0.30                      | 0.02         |  |
| MQ.247            | 0.300     | h   | Elevador telescópico 71/100 CV             |  | 25.56                     | 7.67         |  |
| MQ.228            | 0.300     | h   | Camión volquete grúa 191/240 CV            |  | 26.07                     | 7.82         |  |
|                   |           |   |  |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>16.82</b> |  |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIECISIETE EUROS con VEINTE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código | Cantidad | Uds | Descripción  | Precio Imp                | EURO        |
|--------|----------|-----|--|---------------------------|-------------|
| MY..25 |          | ud  | <b>TORNILLO DE ENSABLAJE CON TUERCA Y ARANDELA</b> |                           |             |
|        |          |     |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>0.02</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CERO EUROS con DOS CÉNTIMOS.

| Código     | Cantidad | Uds | Descripción  | Precio Imp                | EURO         |
|------------|----------|-----|--|---------------------------|--------------|
| 05ACW00161 |          | ud  | <b>PLACA DE ANCLAJE S 275 300 mm x500 mm e= 18 mm</b>  |                           |              |
|            |          |     | Entramado formado por retícula de pletina en las dos direcciones, uniones sol dadas, incluso corte y elaboración, acoplamiento y montaje, lijado, con capa de imprimación antioxidante, p.p. de soldadura, rigidizadores, cubrejuntas y piezas especiales pernos de anclaje; construido según CTE. Medida la superficie ejecutada. |                           |              |
| TA00200    | 0.800    | h   | AYUDANTE ESPECIALISTA  | 18.42                     | 14.74        |
| TO01600    | 0.800    | h   | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA  | 19.23                     | 15.38        |
| CA01800    | 0.150    | m2  | PLACA DE ANCLAJE S 275 300 mm x500 mm e= 18 mm   | 52.82                     | 7.92         |
| CA80100    | 1.000    | kg  | ACERO S 275 JR   | 1.00                      | 1.00         |
| WW00300    | 2.000    | u   | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES   | 0.55                      | 1.10         |
| WW00400    | 1.000    | u   | PEQUEÑO MATERIAL   | 0.30                      | 0.30         |
|            |          |     |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>40.44</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

| Código   | Cantidad | Uds | Descripción  | Precio Imp                | EURO         |
|----------|----------|-----|--|---------------------------|--------------|
| D05DC102 |          | M2  | <b>CORREAS S 275 IPE 100</b>   |                           |              |
|          |          |     | Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. |                           |              |
| TA00200  | 0.200    | h   | AYUDANTE ESPECIALISTA  | 18.42                     | 3.68         |
| TO01600  | 0.020    | h   | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA  | 19.23                     | 0.38         |
| CA01300  | 0.860    | kg  | ACERO PERFILES IPE 100   | 0.83                      | 0.71         |
| WW00300  | 0.080    | u   | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES   | 0.55                      | 0.04         |
| MQ.247   | 0.270    | h   | Elevador telescópico 71/100 CV   | 25.56                     | 6.90         |
| MQ.228   | 0.450    | h   | Camión volquete grúa 191/240 CV  | 26.07                     | 11.73        |
|          |          |     |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>23.44</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTITRES EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **21** **Precio** **Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.4 CUBIERTA

|            |       |    |  |                           |  |              |  |
|------------|-------|----|--|---------------------------|--|--------------|--|
| 07IGF00011 | m2    |    | <b>FALDÓN DE PANEL AISLANTE CHAPA CONF. TIPO SANDWICH</b><br>Faldón de panel aislante de chapa conformada tipo sandwich de 30 mm de espesor, formado por dos chapas conformadas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor, acabados exteriormente con resina de poliéster silicona y relleno interiormente por inyección con espuma de poliuretano rígido con una densidad de 40 kg/m3, incluso p.p. de tapajuntas de 0,7 mm de espesor del mismo material y acabado que las chapas del panel. Medido en verdadera magnitud deduciendo huecos mayores de 1 m2. |                           |  |              |  |
| ATC00100   | 0.250 | h  | CUADRILLA ALBAÑILERÍA, FORMADA POR OFICIAL 1ª Y PEÓN ESP.  | 37.51                     |  | 9.38         |  |
| QP00800    | 1.010 | m  | TAPAJUNTA CHAPA LISA PARA PANEL SANDWICH ACAB. ACERO GALVANIZADO   | 3.99                      |  | 4.03         |  |
| QP02000    | 1.010 | m2 | PANEL SANDWICH 80 mm ACABADO INT. Y EXT. EN ACERO GALVANIZADO  | 22.70                     |  | 22.93        |  |
| WW00300    | 1.000 | u  | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES   | 0.55                      |  | 0.55         |  |
| WW00400    | 1.000 | u  | PEQUEÑO MATERIAL   | 0.30                      |  | 0.30         |  |
|            |       |    |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |  | <b>37.19</b> |  |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y SIETE EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **22** **Precio Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.5 CERRAMIENTOS

**06PHW80023**      **m2**      **PANEL DE CERRAMIENTO DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE e= 28 CM**

Panel de hormigón prefabricado de 4,95x50x28 cm,, recibida con mortero M5 de cemento CEM II/A-L 32,5 N, con plastificante, incluso rejuntado. Medida la longitud ejecutada.

|          |       |    |  |                           |              |
|----------|-------|----|--|---------------------------|--------------|
| TO00100  | 0.200 | h  | OF. 1ª ALBAÑILERÍA                                     | 19.23                     | 3.85         |
| TP00100  | 0.200 | h  | PEÓN ESPECIAL  | 18.28                     | 3.66         |
| AGM01000 | 0.010 | m3 | MORTERO CEM. BLANCO M5 (1:6) BL II/A-L 42,5 R + PLAST. | 91.36                     | 0.91         |
| FW80110  | 1.000 | m2 | PANEL HORM. PREF. BLANCO/BEIGE e= 28 cm                | 37.11                     | 26.11        |
| OY.180   | 0.400 | h  | Equipo maquinista 1ª+ maquinista 2ª+ 2 peones          | 40.44                     | 16.18        |
| MQ.228   | 0.700 | h  | Camión volquete grúa 191/240 CV                        | 26.07                     | 18.25        |
| MQ.247   | 0.600 | h  | Elevador telescópico 71/100 CV                         | 25.56                     | 15.34        |
|          |       |    |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>95.30</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHENTA Y CUATRO EUROS con TREINTA CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **23** **Precio Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.7 URBANIZACION Y OBRA CIVIL

|                   |          |   |   |                           |                 |
|-------------------|----------|---|---|---------------------------|-----------------|
| <b>15WCC00035</b> | <b>U</b> | <b>PORTÓN DE NAVE Portones de entrada a la nave fabricadas en acero de 2 hojas de 2,5 Mx 5 M</b>  |   |                           |                 |
|                   |          | PORTON DE CERRAJERIA ARTISTICA DE DOS HOJAS ABATIBLES, FORMADA POR: PANELES VERTICALES., MARCO DE PLETINAS DE 50X100 CM.: EN CADA HOJA; ., INCLUSO P.P. D CERRADURA, CERROJILLO, HERRAJES DE SUJECCION, ANCLAJES MATERIAL DE AGARRE Y AYUDA DE ALBAÑILERIA. MEDIDA LA SUPERFICIE EJECUTADA. |   |                           |                 |
| WW00300           | 35.000   | u   | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES                | 0.55                      | 19.25           |
| KA00102           | 750.000  | kg  | ACERO EN PERFILERIA, MANUFACTURADO                        | 1.44                      | 1,087,04        |
| WW00400           | 5.000    | u   | PEQUEÑO MATERIAL  | 0.30                      | 1.50            |
| UU01000           | 10.500   | u   | BISAGRAS Y ANCLAJES                                       | 8.79                      | 92.30           |
| KW01200           | 0.100    | u   | CERRADURA LLAVE PLANA 1ª CAL.                             | 19.01                     | 1.90            |
| KA00100           | 945.000  | kg  | ACERO EN panel, MANUFACTURADO                             | 1.26                      | 1,190.70        |
| ATC00100          | 0.250    | h   | CUADRILLA ALBAÑILERÍA, FORMADA POR OFICIAL 1ª Y PEÓN ESP. | 37.51                     | 9.38            |
| TO01600           | 2.000    | h   | OF. 1ª CERRAJERO-CHAPISTA                                 | 19.23                     | 38.46           |
|                   |          |   |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>2,355.01</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTAS

cINCUENTA Y CINCO EUROS con UN CÉNTIMOS.

|               |           |  |  |                           |              |
|---------------|-----------|--|--|---------------------------|--------------|
| <b>SHY290</b> | <b>ud</b> | <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b>   |  |                           |              |
|               |           | Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C. |  |                           |              |
|               |           |  |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>39.95</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y NUEVE EUROS con

NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **24** **Precio Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.8 FONTANERIA Y SANEAMIENTO

#### 15SDE00050 u DESAGÜE DIÁM. 200 mm EN COND. PVC. DIÁM. 200 mm

Desagüe diámetro 200 mm, a instalar en conducción de PVC diámetro 125 mm, formado por: derivación en "T" 125x75 pe100 PN-16, codo 90º PVC 200 PN-16 diámetro 75 mm, portabridas diámetro 75 mm con brida loca diámetro 80 mm PN-16, válvula metal-metal de fundición nodular diámetro 80 mm y carrete de tubería de polietileno diámetro 75 mm, incluso tornillería, juntas de goma, p.p. de soldadura a tope de juntas y pozo de registro circular de diámetro 1.20 m y 1,50 m de profundidad, formado por solera de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor, fábrica de ladrillo perforado de un pie de espesor, enfoscado y bruñido por el interior, patés de hierro recubierto de polipropileno y cerco y tapa de hierro fundido reforzado, excavación en tierras con medios mecánicos, relleno con medios manuales y compactado con pisón mecánico manual. Medida la unidad ejecutada.

|                 |        |   |  |                           |               |
|-----------------|--------|---|--|---------------------------|---------------|
| TO01900         | 2.250  | h | OF. 1ª FONTANERO                             | 19.23                     | 43.27         |
| TP00100         | 1.500  | h | PEÓN ESPECIAL                                | 18.28                     | 27.42         |
| US10130         | 1.010  | m | TUBO PVC DIÁM. 90 mm PE50A PN-10.            | 3.70                      | 3.74          |
| US14000         | 1.000  | u | CODO PVC. PE 50A PN-10 DIÁM. 90 mm           | 16.72                     | 16.72         |
| US14218         | 1.000  | u | "T" PVC PE50A PN-10 200x90/200 mm            | 54.85                     | 54.85         |
| US14500         | 2.000  | u | PORTABR. PVC, BRI. L. PN-16 DIÁM. 90 mm      | 34.09                     | 68.18         |
| US20175         | 1.000  | u | VÁLV. COMP. M/M N.O.D. DIÁM. 90 mm, F.D.     | 185.61                    | 185.61        |
| US25006         | 16.000 | u | TORNILLO BICROMAT. C/T M-16x70               | 0.50                      | 8.00          |
| US25050         | 2.000  | u | JUNTA DE GOMA DIÁM. 90 mm                    | 1.09                      | 2.18          |
| 15SWP000051.000 | 1.000  | u | POZO DE REGISTRO CIRCULAR DE 1,20 m DE DIÁM. | 514.15                    | 514.15        |
|                 |        |   |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>924.12</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTAS VEINTICUATRO

EUROS con DOCE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código        | Cantidad | Uds      | Descripción   | Precio                    | ImpEURO      |
|---------------|----------|----------|---|---------------------------|--------------|
| <b>SPV.55</b> |          | <b>m</b> | <b>Tub.corr.sane.PVC DN200mm,r.0.04kg/cm2(Gris)d</b>  |                           |              |
|               |          |          | Tubería corrugada de saneamiento de PVC de 200 mm de diámetro nominal y 0,04 kg/cm2 de rigidez, unión con junta elástica, incluyendo materiales a pie de obra, montaje y colocación. En condiciones tales que ocasionen una mayor dificultad de ejecución. No se incluye las piezas especiales, ni la excavación de la zanja, ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma. Todo ello y otras operaciones si las hubiese, se valorará aparte según las necesidades del proyecto. |                           |              |
| VY.650        | 1.000    | m        | Tubo corr.san.PVC DN 200 rig.0,04kg/cm2,(Gris)  | 4.88                      | 4.88         |
| %CDP.3        | 3.000    | %        | Carga, descarga y perdidas  | 4.90                      | 0.15         |
| OY..90        | 0.050    | h        | Cuadrilla A   | 31.57                     | 1.58         |
| O%MA..2       | 2.000    | %        | Medios auxil.y protecc.personales ordinarias  | 1.60                      | 0.03         |
| LY.408        | 2.000    | ud       | Arquetas de desagüe   | 32.45                     | 64.90        |
|               |          |          |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>71.54</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y UNA EUROS con

CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

|                   |       |          |   |                           |             |
|-------------------|-------|----------|---|---------------------------|-------------|
| <b>15SCP00005</b> |       | <b>m</b> | <b>COND. PVC DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.</b>  |                           |             |
|                   |       |          | Conducción de PVC de diámetro 90 mm exterior y 84 mm interior PN-16, con unión por junta elástica, incluso p.p. de prueba en zanja a presión normalizada. Medida la longitud instalada. |                           |             |
| TO01900           | 0.055 | h        | OF. 1ª FONTANERO  | 19.23                     | 1.06        |
| TP00100           | 0.055 | h        | PEÓN ESPECIAL   | 18.28                     | 1.01        |
| US10228           | 1.000 | m        | TUBO PVC DIÁM. 90 mm, J/E PN-16.  | 6.09                      | 6.09        |
| WW00400           | 1.000 | u        | PEQUEÑO MATERIAL  | 0.30                      | 0.30        |
|                   |       |          |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>8.46</b> |

Asciede el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con CUARENTA Y

SEIS CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código            | Cantidad | Uds      | Descripción  | Precio                    | ImpEURO      |
|-------------------|----------|----------|--|---------------------------|--------------|
| <b>15SPP00005</b> |          | <b>u</b> | <b>CODO EE 45/90º DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.</b><br>Codo enchufe-enchufe 45/90º diámetro 90 mm PN-16, de fundición dúctil con junta elástica, incluso anclaje con hormigón HM-20. Medida la unidad instalada. |                           |              |
| TO01900           | 0.200    | h        | OF. 1ª FONTANERO   | 19.23                     | 3.85         |
| TP00100           | 0.200    | h        | PEÓN ESPECIAL  | 18.28                     | 3.66         |
| US16003           | 1.000    | u        | CODO EE 45/90º DIÁM. 90 mm FD. PN-16, J/E  | 39.52                     | 39.52        |
| WW00300           | 2.000    | u        | MATERIAL COMPLEMENTARIO O PZAS. ESPECIALES   | 0.55                      | 1.10         |
|                   |          |          |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>50.85</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA EUROS con OCHENTA

Y CINCO CÉNTIMOS.

|                 |       |           |  |                           |              |
|-----------------|-------|-----------|--|---------------------------|--------------|
| <b>D25NP020</b> |       | <b>ML</b> | <b>Canalón PVC 20 mm</b><br>Canalón de PVC de 18.5 cm. de diámetro fijado con abrazaderas al tejado, i/pegamento y piezas especiales de conexión a la bajante, totalmente instalado s/NTE-QTS-7. |                           |              |
| U01FY105        | 0.250 | H.        | Oficial 1ª fontanero   | 7.00                      | 1.75         |
| U01FY110        | 0.250 | H.        | Ayudante fontanero   | 5.70                      | 1.43         |
| U25LA002        | 1.000 | MI        | Canalón PVC D=20 cm.   | 3.50                      | 3.50         |
| U25LA215        | 1.350 | Ud        | Gafa canalón PVC D= 20cm.  | 3.17                      | 4.28         |
| U25XP001        | 0.050 | Kg        | Pegamento para PVC   | 287.00                    | 14.35        |
| MQ.247          | 0.230 | h         | Elevador telescópico 71/100 CV   | 25.56                     | 5.88         |
|                 |       |           |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>31.19</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y UNA EUROS con

DIECINUEVE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código          | Cantidad | Uds       | Descripción   | Precio | Imp                       | EURO         |
|-----------------|----------|-----------|---|--------|---------------------------|--------------|
| <b>D03AG153</b> |          | <b>MI</b> | <b>Tubería PVC 90 mm para bajante de canalón</b>  |        |                           |              |
|                 |          |           | Tubería de PVC-TERRAIN de 160 mm., según norma UNE 53332, para colectores enterrados, sin arquetas, con p.p. de accesorios, totalmente instalada. |        |                           |              |
| U01AA007        | 0.200    | H.        | Oficial primera   | 19.23  |                           | 3.85         |
| U01AA009        | 0.200    | H.        | Ayudante  | 5.70   |                           | 1.14         |
| U05AG008        | 1.050    | MI        | Tubería PVC- 90 mm.   | 3.14   |                           | 3.30         |
| U05AG025        | 0.900    | Ud        | P.p. de acces. tub. PVC   | 1.24   |                           | 1.12         |
| MQ.247          | 0.200    | h         | Elevador telescópico 71/100 CV  | 25.56  |                           | 5.11         |
|                 |          |           |   |        | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>14.52</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CATORCE EUROS con CINCUENTA

Y DOS CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **28** **Precio Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.9 ELECTRICIDAD

|                 |       |           |   |  |                           |               |
|-----------------|-------|-----------|---|--|---------------------------|---------------|
| <b>D27GG001</b> |       | <b>MI</b> | <b>Toma tierra estructura</b>   |  |                           |               |
|                 |       |           | Toma de tierra a estructura en terreno calizo ó de rocas eruptivas para edificios, con cable de cobre desnudo de 1x35 m2 electrodos cobrizados de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud con conexión mediante soldadura aluminotérmica. |  |                           |               |
| U01FY630        | 0.180 | H.        | Oficial primera electricista  |  | 19.23                     | 3.46          |
| Interruptor     | 0.180 | H.        | Ayudante electricista   |  | 17.34                     | 3.12          |
| d               |       |           |   |  |                           |               |
| U30GA001        | 1.000 | MI        | Conductor cobre desnudo 35mm  |  | 2.57                      | 2.57          |
| U30GA010        | 1.000 | Ud        | Pica de tierra 2000/14,3 i/b  |  | 345.00                    | 345.00        |
|                 |       |           |   |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>354.15</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTAS CINCUENTA Y

CUATRO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS.

|                 |       |           |   |  |                           |               |
|-----------------|-------|-----------|---|--|---------------------------|---------------|
| <b>D27JC005</b> |       | <b>ML</b> | <b>Circuito "usos varios" PVC</b>   |  |                           |               |
|                 |       |           | Circuito "usos varios" realizado con tubo PVC corrugado de D=16/gp. 5 y conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 2,5 mm2., en sistema monofásico, (activo, neutro y protección), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión. |  |                           |               |
| U01FY630        | 0.250 | H.        | Oficial primera electricista  |  | 19.23                     | 4.81          |
| Interruptor     | 0.250 | H.        | Ayudante electricista   |  | 17.34                     | 4.34          |
| d               |       |           |   |  |                           |               |
| U30JW121        | 1.000 | MI        | Tubo PVC corrugado D=16   |  | 2.90                      | 2.90          |
| SHY715          | 1.000 | ud        | Interruptor diferencial media sensibilidad  |  | 90.87                     | 90.87         |
| U30JW002        | 3.000 | MI        | Conductor rígido trifasico ;2,5(Cu  |  | 3.00                      | 9.00          |
|                 |       |           |   |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>111.92</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO ONCE EUROS con

NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código          | Cantidad | Uds       | Descripción   | Precio Imp                | EURO         |
|-----------------|----------|-----------|---|---------------------------|--------------|
| <b>D27CI001</b> |          | <b>UD</b> | <b>Caja general protección 160A</b><br>Caja general de protección de 160A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 160A para protección de la línea repartidora situada en fachada o nicho mural. |                           |              |
| U01FY630        | 1.000    | H.        | Oficial primera electricista  | 19.23                     | 19.23        |
| Interruptor     | 1.000    | H.        | Ayudante electricista   | 17.34                     | 17.34        |
| d               |          |           |   |                           |              |
| U30CI001        | 1.000    | Ud        | Caja protecci.160A(III+N)+F   | 20.36                     | 20.36        |
|                 |          |           |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>56.93</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y SEIS EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.

|                 |        |           |   |                           |               |
|-----------------|--------|-----------|---|---------------------------|---------------|
| <b>D27KA502</b> |        | <b>Ud</b> | <b>Punto luz sencillo múltiple LEGRAND</b><br>Punto de luz sencillo múltiple garaje (hasta tres puntos accionados con un mismo interruptor) de 10A superficial, realizado en tubo rígido D=13/gp7 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5mm <sup>2</sup> , así como interruptor superficie "plexo" LEGRAND, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado. |                           |               |
| U01FY630        | 0.900  | H.        | Oficial primera electricista  | 19.23                     | 17.31         |
| Interruptor     | 0.900  | H.        | Ayudante electricista   | 17.34                     | 15.61         |
| d               |        |           |   |                           |               |
| U30JW125        | 15.000 | MI        | Tubo PVC rígido D=13  | 1.38                      | 20.70         |
| U30JW001        | 32.000 | MI        | Conductor rígido;1,5(Cu)  | 3.60                      | 115.20        |
| U30KA505        | 1.000  | Ud        | Interr.superf.10A Legrand"pl  | 7.90                      | 7.90          |
| U30JW501        | 1.000  | Ud        | Caja estanca "plexo" D=80   | 14.90                     | 14.90         |
|                 |        |           |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>191.62</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y UNA EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| Código          | Cantidad | Uds       | Descripción  | Precio                    | Imp | EURO          |
|-----------------|----------|-----------|--|---------------------------|-----|---------------|
| <b>D27KB221</b> |          | <b>UD</b> | <b>ILUMINACION DE EMERGENCIA</b>   |                           |     |               |
|                 |          |           | Punto conmutado sencillo realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm <sup>2</sup> ., incluido caja registro, caja mecanismo universal con tornillo, conmutadores LEGRAND-PRESIDENTE blanco y marco respectivo, totalmente montado e instalado. |                           |     |               |
| U01FY630        | 0.500    | H.        | Oficial primera electricista   | 19.23                     |     | 9.62          |
| Interruptor     | 0.500    | H.        | Ayudante electricista  | 17.34                     |     | 8.67          |
| d               |          |           |  |                           |     |               |
| U30JW120        | 13.000   | MI        | Tubo PVC corrugado D=13  | 2.40                      |     | 31.20         |
| U30JW001        | 39.000   | MI        | Conductor rígido;1,5(Cu)   | 3.60                      |     | 140.40        |
| U30KB211        | 1.000    | Ud        | Lampara de iluminacion de emergencia fluor 75 W  | 8.28                      |     | 8.28          |
|                 |          |           |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |     | <b>198.17</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO NOVENTA Y OCHO EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS.

|                 |        |           |   |                           |  |               |
|-----------------|--------|-----------|---|---------------------------|--|---------------|
| <b>D27OA201</b> |        | <b>UD</b> | <b>Base enchufe LEGRAND</b>   |                           |  |               |
|                 |        |           | Base enchufe con toma de tierra desplazada realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar, aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm <sup>2</sup> . (activo, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe 10/16 A (II+T.T.) LEGRAND-DIPLOMAT B, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado. |                           |  |               |
| U01FY630        | 0.350  | H.        | Oficial primera electricista  | 19.23                     |  | 6.73          |
| Interruptor     | 0.350  | H.        | Ayudante electricista   | 17.34                     |  | 6.07          |
| d               |        |           |   |                           |  |               |
| U30JW120        | 6.000  | MI        | Tubo PVC corrugado D=13   | 2.40                      |  | 14.40         |
| U30JW001        | 24.000 | MI        | Conductor rígido;1,5(Cu)  | 3.60                      |  | 86.40         |
| U30OA201        | 1.000  | Ud        | B.ench.desp.Legrand-DIPLOMAT  | 6.50                      |  | 6.50          |
|                 |        |           |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |  | <b>120.10</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTE EUROS con DIEZ CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

**Código** **Cantidad** **Uds** **Descripción** **31** **Precio** **Imp** **EURO**

### CAPÍTULO 1.10 SEGURIDAD Y SALUD

**SHY.20**            **par**    **Manoplas para soldador**  
Manoplas de protección para soldador, fabricadas en cuero flor con ajuste de muñecas mediante bandas textiles elásticas.  
**TOTAL PARTIDA..... 3.61**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES EUROS con SESENTA Y UN CÉNTIMOS.

**SHY.25**            **par**    **Polainas para soldador**  
Polainas de cuero para protección en trabajos de soldadura con sujeción mediante hebillas.  
**TOTAL PARTIDA..... 4.36**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS.

**SHY.30**            **par**    **Guantes para soldador**  
**TOTAL PARTIDA..... 5.26**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con VEINTISEIS CÉNTIMOS.

**SHY.35**            **par**    **Guantes protección riesgo eléctrico BT**  
Guantes de protección de riesgo eléctrico en baja tensión, fabricados en material aislante, para instalaciones de hasta 430 V, homologados s/MT-4, clase I.  
**TOTAL PARTIDA..... 24.19**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con DIECINUEVE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| <b>Código</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Precio Imp</b>         | <b>EURO</b> |
|---------------|-----------------|------------|---|---------------------------|-------------|
| <b>SHY.40</b> | <b>par</b>      |            | <b>Guantes goma o PVC</b><br>Guantes de protección de longitud media fabricados en goma o PVC para trabajos húmedos de albañilería. |                           |             |
|               |                 |            |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>1.20</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UNA EUROS con VEINTE  
vÉNTIMOS.

|               |            |  |   |                           |             |
|---------------|------------|--|---|---------------------------|-------------|
| <b>SHY.45</b> | <b>par</b> |  | <b>Guantes cuero</b><br>Guantes de protección de longitud media, fabricados en cuero. |                           |             |
|               |            |  |   | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>1.89</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UNA EUROS con OCHENTA Y  
NUEVE CÉNTIMOS.

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| <b>Código</b>   | <b>Cantidad</b> | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>   | <b>33</b> | <b>Precio Imp</b>         | <b>EURO</b>  |
|---|-----------------|------------|--|-----------|---------------------------|--------------|
| <b>SHY.50</b>   | <b>par</b>      |            | <b>Botas impermeables</b><br>Botas de seguridad, de caña alta, fabricadas en material impermeable, con suela antideslizante, homologadas s/MT-27, clase N.   |           |                           |              |
|   |                 |            |  |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>9.02</b>  |
| <p>Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con DOS CÉNTIMOS.</p>                   |                 |            |  |           |                           |              |
| <b>SHY.60</b>   | <b>par</b>      |            | <b>Zapatos de seguridad</b><br>Zapatos de trabajo, provistos de puntera reforzada y plantilla de seguridad, con suelas antideslizantes.                      |           |                           |              |
|   |                 |            |  |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>15.93</b> |
| <p>Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINCE EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.</p>       |                 |            |  |           |                           |              |
| <b>SHY.65</b>   | <b>par</b>      |            | <b>Botas material aislante eléctrico</b><br>Botas de seguridad caña alta, fabricadas en material aislante eléctrico, con suela antideslizante.               |           |                           |              |
|   |                 |            |  |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>27.65</b> |
| <p>Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISIETE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.</p> |                 |            |  |           |                           |              |
| <b>SHY.85</b>   | <b>ud</b>       |            | <b>Orejas</b><br>Orejas compuestas por dos casquetes ajustables con elementos almohadillados, sujetos por arnés y recambiables, homologados s/MT-2, clase E. |           |                           |              |
|   |                 |            |  |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>8.35</b>  |
| <p>Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS.</p>        |                 |            |  |           |                           |              |

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| <b>Código</b>             | <b>Cantidad</b> | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>  | <b>Precio</b> | <b>ImpEURO</b> |
|---------------------------|-----------------|------------|---|---------------|----------------|
| <b>SHY100</b>             | <b>ud</b>       |            | <b>Cinturón seguridad anticaidas</b><br>Cinturón de seguridad anticaida formado por faja dotada de hebilla de cierre con arnés para espalda, hombros y pecho ; con argolla en "D"en acero estampado ubicada en la cruceta del arnés a la espalda para cuelgue; con cuerda de amarre de 1 m de longitud dotada de mosquetón de enganche; fabricado en fibra de poliester y cuerda de nylon; homologada s/MT-22, clase C, tipo 1. |               |                |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |                 |            |   |               | <b>72.12</b>   |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SETENTA Y DOS EUROS con DOCE CÉNTIMOS.

|                           |           |  |  |  |              |
|---------------------------|-----------|--|--|--|--------------|
| <b>SHY105</b>             | <b>ud</b> |  | <b>Chaleco reflectante</b><br>Chaleco reflectante formado por peto y espaldera en tejido sintético, color amarillo, ajustable. |  |              |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |  |  |  | <b>12.02</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con DOS CÉNTIMOS.

|                           |           |  |  |  |             |
|---------------------------|-----------|--|--|--|-------------|
| <b>SHY120</b>             | <b>ud</b> |  | <b>Mascarilla antifiltrante para polvo</b><br>Mascarilla antifiltrante, para ambientes con polvo únicamente, que consta de cuerpo, arnés de sujeción y válvula de exhalación, homologada s/MT-9. |  |             |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |  |  |  | <b>7.99</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.

|                           |           |  |  |  |             |
|---------------------------|-----------|--|--|--|-------------|
| <b>SHY130</b>             | <b>ud</b> |  | <b>Casco de seguridad</b><br>Casco de seguridad, uso normal, fabricado en material plástico, dotado de arnés, antisudatorio frontal, homologado s/MT-1, clase N. |  |             |
| <b>TOTAL PARTIDA.....</b> |           |  |  |  | <b>1.47</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de UNA EURO con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

---

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| <b>Código</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>   | <b>35</b> | <b>Precio Imp</b>         | <b>EURO</b> |
|---------------|-----------------|------------|--|-----------|---------------------------|-------------|
| <b>SHY135</b> | <b>ud</b>       |            | <b>Pantalla contra radiaciones</b>   |           |                           |             |
|               |                 |            | Pantalla de protección contra radiaciones, con marco soporte ocular fijo y cubrefiltro, dotado de arnés y antisudatorio frontal, homologado s/MT-3, MT-18 y MT-19. |           |                           |             |
|               |                 |            |  |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>9.62</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con SESENTA Y DOS CÉNTIMOS.

|               |           |  |  |  |                           |             |
|---------------|-----------|--|--|--|---------------------------|-------------|
| <b>SHY140</b> | <b>ud</b> |  | <b>Gafas contra impacto</b>  |  |                           |             |
|               |           |  | Gafas contra impacto en los ojos, con montura de acetato, con patillas adaptables, visores de vidrio neutro , tratados e inastillables, panorámicos, clase D, homologadas s/MT-16 Y M7-17. |  |                           |             |
|               |           |  |  |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>7.81</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.

|               |           |  |  |  |                           |              |
|---------------|-----------|--|--|--|---------------------------|--------------|
| <b>SHY565</b> | <b>ud</b> |  | <b>Botiquín portátil de obra</b>   |  |                           |              |
|               |           |  | Botiquín portátil de obra para primeros auxilios, conteniendo el material que especifica la O.G.H.T. |  |                           |              |
|               |           |  |  |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>32.45</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y DOS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

|               |           |  |  |  |                           |              |
|---------------|-----------|--|--|--|---------------------------|--------------|
| <b>SHY595</b> | <b>ud</b> |  | <b>Reconocimiento médico</b>   |  |                           |              |
|               |           |  | Reconocimiento médico obligatorio efectuado a los trabajadores al comienzo de la obra o transcurrido un año desde el reconocimiento inicial. |  |                           |              |
|               |           |  |  |  | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>42.07</b> |

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y DOS EUROS con SIETE CÉNTIMOS.

---

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## CUADRO DE DESCOMPUESTOS

| <b>Código</b>  | <b>Cantidad</b> | <b>Uds</b> | <b>Descripción</b>  | <b>36</b> | <b>Precio Imp</b>         | <b>EURO</b>  |
|--|-----------------|------------|---|-----------|---------------------------|--------------|
| <b>SHY635</b>  | <b>h</b>        |            | <b>Formación en Seguridad e Higiene</b>   |           |                           |              |
|  |                 |            | Formación específica en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo según riesgos previsibles en la ejecución de la obra.  |           |                           |              |
|  |                 |            |   |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>11.53</b> |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de ONCE EUROS con CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS.           |                 |            |   |           |                           |              |
| <b>SHY715</b>  | <b>ud</b>       |            | <b>Interruptor diferencial media sensibilidad</b>   |           |                           |              |
|  |                 |            |   |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>90.87</b> |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVENTA EUROS con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS.         |                 |            |   |           |                           |              |
| <b>SHY725</b>  | <b>m2</b>       |            | <b>Valla provisional obra</b>   |           |                           |              |
|  |                 |            | Valla de cerramiento provisional de obra de 2 m de altura, de chapa plegada de acero galvanizado colocada en guías metálicas verticales, incluso cimentación, mantenimiento y retirada. |           |                           |              |
|  |                 |            |   |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>21.79</b> |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTIUNA EUROS con SETENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.       |                 |            |   |           |                           |              |
| <b>SHY290</b>  | <b>ud</b>       |            | <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b>  |           |                           |              |
|  |                 |            | Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C.  |           |                           |              |
|  |                 |            |   |           | <b>TOTAL PARTIDA.....</b> | <b>39.95</b> |
| Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y NUEVE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS. |                 |            |   |           |                           |              |

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.1 PREPARACION DEL TERRENO

|                   |    |   |        |      |                 |
|-------------------|----|---|--------|------|-----------------|
| <b>01TLL00100</b> | m2 | <b>LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO, CON MEDIOS MECANICOS</b><br><br>Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, sin carga ni transporte al vertedero y con ayuda de medios auxiliares.   | 600.00 | 0.41 | <b>246.00</b>   |
| <b>02AVV00003</b> | m3 | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b><br><br>Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural.                                | 572.00 | 0.87 | <b>497.64</b>   |
| <b>02ACC00003</b> | m3 | <b>EXCAVACIÓN APERTURA DE ZANJA, TIERRAS DE CONSIST. BLANDA</b><br><br>Excavación, en apertura de caja, de tierras de consistencia blanda, realizada con medios mecánicos, incluso perfilado de fondo, hasta una profundidad máxima de 50 cm. Medida en perfil natural. | 13.76  | 0.74 | <b>10.18</b>    |
| <b>02AVV00002</b> | m3 | <b>EXCAVACIÓN EN VACIADO, DE TIERRAS DE CONSIST. MEDIA</b><br><br>Excavación, en vaciado, de tierras de consistencia media, realizada con medios mecánicos, incluso p.p. de perfilado de fondos y laterales. Medida en perfil natural.                                  | 14.00  | 0.99 | <b>13.86</b>    |
| <b>02TMM00024</b> | m3 | <b>TRANSPORTE TIERRAS SOBANTES, ENTRE 5 Y 10 km CARGA M. MECÁNICOS</b><br><br>Transporte de tierras realizado en camión basculante, a una distancia comprendida entre 5 y 10 km, incluso carga con medios mecánicos. Medido en perfil esponjado.                        | 420.00 | 5.33 | <b>2,238.60</b> |

**TOTAL CAPÍTULO 1.1 ..... 3,006.28**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código                                    | Uds | Descripción   | ImpEURO | TotalesEURO            |
|---|-----|---|---------|------------------------|
| <b>CAPÍTULO 1.2 CIMENTACION y SOLERIA</b> |     |   |         |                        |
| 02RRM00001                                | m3  | <b>ENCACHADO DE PIEDRA 40/81 e= 15 cm espesor en sub-base de solera</b><br>Relleno con tierras realizado con medios mecánicos, en tongadas de 20 cm comprendiendo: extendido, regado y compactado al 95% proctor normal. Medido en perfil compactado.   | 600.00  | 2.02 <b>1,212.00</b>   |
| HO.350                                    | m2  | <b>Encof/desenc. zapatas y riostas</b><br>Encofrado y desencofrado en zapatas, vigas riostras de cimentación  | 180.00  | 8.71 <b>1,567.80</b>   |
| 03HRZ80030                                | m3  | <b>HORM. ARM. HA-25/P/40/IIa B400S EN ZAPATAS Y ENCEPADOS V/GRÚA</b><br>Hormigón armado HA-25/P/40/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 40 mm, en zapatas y encepados, suministrado y puesta en obra, vertido con grúa, armadura de acero B 400 S con una cuantía de 40 Kg/m3, incluso ferrallado, separadores, vibrado y curado; según instrucción EHE y CTE. Medido el volúmen teórico ejecutado. | 19.36   | 113.94 <b>2,205.88</b> |
| 10SSS90001                                | m2  | <b>SOLERA HORMIGÓN HA-25 #150x150x6 mm 15 cm ESP.</b><br>Solera de hormigón HA-25 formada por: compactado de base, capa de arena de 10 cm de espesor, lámina de polietileno, solera de 15 cm de espesor, mallazo galvanizado 150*150*6 mm, y p.p. de junta de contorno. Medida deduciendo huecos mayores de 0,50 m2.  | 586.00  | 23.06 <b>13,513.16</b> |
| CC.430                                    | ud  | <b>ENSAYO 3 PROBETAS, HORMIGON</b><br>Toma de muestras de hormigón fresco incluyendo muestreo, medida de asiento de cono, fabricación de hasta 3 probetas cilíndricas, curado, refrentado y rotura a 28 días.   | 1.00    | 89.19 <b>89.19</b>     |
| CC.500                                    | ud  | <b>ENSAYO COMPLETO DE ACERO CORRUGADO</b><br>Ensayo de doblado a bajas temperaturas, de láminas impermeables, según Norma UNE 53358/84.   | 1.00    | 84.14 <b>84.14</b>     |
| <b>TOTAL CAPÍTULO 1.2 .....</b>           |     |   |         | <b>18,672.17</b>       |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

## PRESUPUESTOS PARCIALES

**Código Uds Descripción ImpEURO TotalesEURO**

### CAPÍTULO 1.3 ESTRUCTURA METÁLICA

|                   |    |   |          |       |                   |
|-------------------|----|---|----------|-------|-------------------|
| <b>05ACJ00001</b> | kg | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN TORNILLADA IPE 360</b><br><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. | 6,391.77 | 17.20 | <b>109,938.44</b> |
| <b>05ACJ00040</b> | kg | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN ATORNILLADA IPE 300</b><br><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. | 7,008.61 | 17.48 | <b>122,510.50</b> |
| <b>05ACJ00046</b> | kg | <b>ACERO PERFILES LAM. EN CAL. EN VIGAS UNIÓN TORNILLADA UPE 360</b><br><br>Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión atornillada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de unión con tornillos calibrados A4T, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal. | 913.11   | 16.82 | <b>15,358.51</b>  |
| <b>MY..25</b>     | ud | <b>TORNILLO DE ENSABLAJE CON TUERCA Y ARANDELA</b>  | 467.00   | 0.02  | <b>9.34</b>       |
| <b>05ACW00161</b> | ud | <b>PLACA DE ANCLAJE S 275 300 mm x500 mm e= 18 mm</b><br><br>Entramado formado por retícula de pletina en las dos direcciones, uniones soldadas, incluso corte y elaboración, acoplamiento y montaje, lijado, con capa de imprimación antioxidante, p.p. de soldadura, rigidizadores, cubrejuntas y piezas especiales pernos de anclaje; construido según CTE. Medida la superficie ejecutada.                  | 20.00    | 40.44 | <b>408.80</b>     |

Alumno: Angel Hilario Patón Mancebo  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID (CAMPUS DE PALENCIA) – E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS  
 Titulación de: Grado en Ingeniera Forestal y del Medio Natural

**D05DC102 M2 CORREAS S 275 IPE 100**

Acero en perfiles laminados en caliente S 275 JR en vigas, mediante unión soldada, incluso corte y elaboración, montaje, lijado, imprimación con capa de imprimación antioxidante y p.p. de soldadura, previa limpieza de bordes, pletinas, casquillos y piezas especiales; construido según NCSR-02, CTE. Medido el peso nominal.

720.0023.44 **16,876.80**

**TOTAL CAPÍTULO 1.3 ..... 265,102.39**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.4 CUBIERTA

|            |    |   |  |  |
|------------|----|---|--|--|
| 07IGF00011 | m2 | <b>FALDÓN DE PANEL AISLANTE CHAPA CONF. TIPO SANDWICH</b> |  |  |
|------------|----|---|--|--|

Faldón de panel aislante de chapa conformada tipo sandwich de 30 mm de espesor, formado por dos chapas conformadas de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor, acabados exteriormente con resina de poliéster silicona y relleno interiormente por inyección con espuma de poliuretano rígido con una densidad de 40 kg/m3, incluso p.p. de tapajuntas de 0,7 mm de espesor del mismo material y acabado que las chapas del panel. Medido en verdadera magnitud deduciendo huecos mayores de 1 m2.

|  |  |  |        |                |
|--|--|--|--------|----------------|
|  |  |  | 646.50 | 37.1924,043.34 |
|--|--|--|--------|----------------|

|  |  |                                 |  |                  |
|--|--|---------------------------------|--|------------------|
|  |  | <b>TOTAL CAPÍTULO 1.4 .....</b> |  | <b>24,043.34</b> |
|--|--|---------------------------------|--|------------------|

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.5 CERRAMIENTOS

|            |    |   |        |                       |
|------------|----|---|--------|-----------------------|
| 06PHW80023 | m2 | <b>PANEL DE CERRAMIENTO DE HORMIGÓN PREFABRICADO DE e= 16 CM</b><br>Panel de hormigón prefabricado de 4,95x50x28 cm,, recibida con mortero M5 de cemento CEM II/A-L 32,5 N, con plastificante, incluso rejuntado. Medida la longitud ejecutada. | 856.00 | 95.30 <b>81,576.8</b> |
|------------|----|---|--------|-----------------------|

**TOTAL CAPÍTULO 1.5 ..... 81,576.8**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.7 URBANIZACION Y OBRA CIVIL

|               |    |  |      |                 |
|---------------|----|--|------|-----------------|
| 15WCC00035    |    | <b>U PORTÓN DE NAVE Portones de entrada a la nave fabricadas en acero de 2 hojas de 2,5 Mx 5 M</b><br>PORTON DE CERRAJERIA ARTISTICA DE DOS HOJAS ABATIBLES, FORMADA POR: PANELES VERTICALES., MARCO DE PLETINAS DE 50X100 CM.;. EN CADA HOJA; ., INCLUSO P.P. D CERRADURA, CERROJILLO, HERRAJES DE SUJECCION, ANCLAJES MATERIAL DE AGARRE Y AYUDA DE ALBAÑILERIA. MEDIDA LA SUPERFICIE EJECUTADA. |      |                 |
|               |    |  | 1.0  | 2,355.01        |
|               |    |  |      | <b>2,355.01</b> |
| <b>SHY290</b> | ud | <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b>   |      |                 |
|               |    | Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C.   |      |                 |
|               |    |  | 6.00 | 39.95           |
|               |    |  |      | <b>239.70</b>   |

**TOTAL CAPÍTULO 1.7 .....**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.8 FONTANERIA Y SANEAMIENTO

|  |   |  |        |                        |
|--|---|--|--------|------------------------|
| <b>15SDE00050</b>  | u | <b>DESAGÜE DIÁM. 200 mm EN COND. PVC. DIÁM. 200 mm</b> |        |                        |
| Desagüe diámetro 200 mm, a instalar en conducción de PVC diámetro 125 mm, formado por: derivación en "T" 125x75 pe100 PN-16, codo 90° PVC 200 PN-16 diámetro 75 mm, portabridas diámetro 75 mm con brida loca diámetro 80 mm PN-16, válvula metal-metal de fundición nodular diámetro 80 mm y carrete de tubería de polietileno diámetro 75 mm, incluso tornillería, juntas de goma, p.p. de soldadura a tope de juntas y pozo de registro circular de diámetro 1.20 m y 1,50 m de profundidad, formado por solera de hormigón HM-20 de 20 cm de espesor, fábrica de ladrillo perforado de un pie de espesor, enfoscado y bruñido por el interior, patés de hierro recubierto de polipropileno y cerco y tapa de hierro fundido reforzado, excavación en tierras con medios mecánicos, relleno con medios manuales y compactado con pisón mecánico manual. Medida la unidad ejecutada. |   |  |        |                        |
|  |   |  | 2.00   | 924.12 <b>1,848.24</b> |
| <b>SPV.55</b>  | m | <b>Tub.corr.sane.PVC DN200mm,r.0.04kg/cm2(Gris)d</b>   |        |                        |
| Tubería corrugada de saneamiento de PVC de 200 mm de diámetro nominal y 0,04 kg/cm2 de rigidez, unión con junta elástica, incluyendo materiales a pie de obra, montaje y colocación. En condiciones tales que ocasionen una mayor dificultad de ejecución. No se incluye las piezas especiales, ni la excavación de la zanja, ni el extendido y relleno de la tierra procedente de la misma. Todo ello y otras operaciones si las hubiese, se valorará aparte según las necesidades del proyecto.  |   |  |        |                        |
|  |   |  | 150.00 | 71.5410 <b>731.00</b>  |
| <b>15SCP00005</b>  | m | <b>COND. PVC DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.</b>       |        |                        |
| Conducción de PVC de diámetro 90 mm exterior y 84 mm interior PN-16, con unión por junta elástica, incluso p.p. de prueba en zanja a presión normaliza- da. Medida la longitud instalada.  |   |  |        |                        |
|  |   |  | 163.00 | 8.46 <b>1,378.98</b>   |
| <b>15SPP00005</b>  | u | <b>CODO EE 45/90° DIÁM. 90 mm PN-16, JUNTA ELAST.</b>  |        |                        |
| Canalón de PVC de 20 mm. de diámetro fijado con abrazaderas al tejado, i/pegamento y piezas especiales de conexión a la bajante, totalmente instalado s/NTE-QTS-7.   |   |  |        |                        |
|  |   |  | 1.00   | 50.85 <b>50.85</b>     |

**D25NP020 ML Canalón PVC 20 mm**

Canalón de PVC de 20 mm. de diámetro fijado con abrazaderas al tejado, i/pegamento y piezas especiales de conexión a la bajante, totalmente instalado s/NTE-QTS-7.

60.00 31.19 **1,871.40**

**D03AG153 MI Tubería PVC 90 mm para bajante de canalón**

Tubería de PVC-TERRAIN de 90 mm., según norma UNE 53332, para colectores enterrados, sin arquetas, con p.p. de accesorios, totalmente instalada.

15.00 14.52 **217.80**

**TOTAL CAPÍTULO 1.8 ..... 16,098.27**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

| Código | Uds | Descripción | ImpEURO | TotalesEURO |
|--------|-----|-------------|---------|-------------|
|--------|-----|-------------|---------|-------------|

### CAPÍTULO 1.9 ELECTRICIDAD

|                 |    |  |        |        |                  |
|-----------------|----|--|--------|--------|------------------|
| <b>D27GG001</b> | MI | <b>Toma tierra estructura</b><br><br>Toma de tierra a estructura en terreno calizo ó de rocas eruptivas para edificios, con cable de cobre desnudo de 1x35 m2 electrodos cobrizados de D=14,3 mm. y 2 m. de longitud con conexión mediante soldadura alumino-térmica.  | 15.00  | 354.15 | <b>5,312.25</b>  |
| <b>D27JC005</b> | ML | <b>Circuito "usos varios" PVC</b><br><br>Circuito "usos varios" realizado con tubo PVC corrugado de D=16/gp. 5 y conductores de cobre unipolares aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 2,5 mm2., en sistema monofásico, (activo, neutro y protección), incluido p./p. de cajas de registro y regletas de conexión.   | 300.00 | 111.92 | <b>33,576.00</b> |
| <b>D27CI001</b> | UD | <b>Caja general protección 160A</b><br><br>Caja general de protección de 160A incluido bases cortacircuitos y fusibles calibrados de 160A para protección de la línea re partidora situada en fachada o nicho mural.   | 2.00   | 56.93  | <b>113.86</b>    |
| <b>D27KA502</b> | Ud | <b>Punto luz sencillo múltiple LEGRAND</b><br><br>Punto de luz sencillo múltiple garaje (hasta tres puntos accionados con un mismo interruptor) de 10A superficial, realizado en tubo rígido D=13/gp7 y conductor de cobre unipolar rígido de 1,5mm2, así como interruptor superficie "plexo" LEGRAND, caja de registro "plexo" D=70 y regletas de conexión, totalmente montado e instalado. | 15.00  | 191.62 | <b>2,874.30</b>  |
| <b>D27KB221</b> | UD | <b>ILUMINACION DE EMERGENCIA</b><br><br>Punto conmutado sencillo realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm2., incluido caja registro, caja mecanismo universal con tornillo, conmutadores LEGRAND-PRESIDENTE blanco y marco respectivo, totalmente montado e instalado.                        | 4.00   | 198.17 | <b>792.68</b>    |

**D270A201    UD   Base enchufe LEGRAND**

Base enchufe con toma de tierra desplazada realizado en tubo PVC corrugado de D=13/gp.5 y conductor de cobre unipolar, aislados para una tensión nominal de 750 V. y sección 1,5 mm<sup>2</sup>. (activo, neutro y protección), incluido caja de registro, caja mecanismo universal con tornillo, base enchufe 10/16 A (II+T.T.) LEGRAND-DIPLOMAT B, así como marco respectivo, totalmente montado e instalado.

18.00    120.10    **2,161.80**

**TOTAL CAPÍTULO 1.9 ..... 44,830.89**

## PRESUPUESTOS PARCIALES

**Código Uds Descripción ImpEURO TotalesEURO**

### CAPÍTULO 1.10 SEGURIDAD Y SALUD

|               |  |       |       |              |
|---------------|--|-------|-------|--------------|
| <b>SHY.20</b> | par <b>Manoplas para soldador</b><br>Manoplas de protección para soldador, fabricadas en cuero flor con ajuste de muñecas mediante bandas textiles elásticas.  | 2.00  | 3.61  | <b>7.22</b>  |
| <b>SHY.25</b> | par <b>Polainas para soldador</b><br>Polainas de cuero para protección en trabajos de soldadura con sujeción mediante hebillas   | 2.00  | 4.36  | <b>8.72</b>  |
| <b>SHY.30</b> | par <b>Guantes para soldador</b>   | 2.00  | 5.26  | <b>10.52</b> |
| <b>SHY.35</b> | par <b>Guantes protección riesgo eléctrico BT</b><br>Guantes de protección de riesgo eléctrico en baja tensión, fabricados en material aislante, para instalaciones de hasta 430 V, homologados s/MT-4, clase I. | 3.00  | 24.19 | <b>72.57</b> |
| <b>SHY.40</b> | par <b>Guantes goma o PVC</b><br>Guantes de protección de longitud media fabricados en goma o PVC para trabajos húmedos de albañilería.  | 20.00 | 1.20  | <b>24.00</b> |
| <b>SHY.45</b> | par <b>Guantes cuero</b><br>Guantes de protección de longitud media, fabricados en cuero.  | 30.00 | 1.89  | <b>56.70</b> |
| <b>SHY.50</b> | par <b>Botas impermeables</b><br>Botas de seguridad, de caña alta, fabricadas en material impermeable, con suela antideslizante, homologadas s/MT-27, clase N.   | 5.00  | 9.02  | <b>45.10</b> |

|               |   |  |               |               |
|---------------|---|--|---------------|---------------|
| <b>SHY.60</b> | par <b>Zapatos de seguridad</b>   |  |               |               |
|               | Zapatos de trabajo, provistos de puntera reforzada y plantilla de seguridad, con suelas antideslizantes.  |  |               |               |
|               |   |  | 10.00         | 15.93         |
|               |   |  | <b>159.30</b> |               |
| <b>SHY.65</b> | par <b>Botas material aislante eléctrico</b>  |  |               |               |
|               | Botas de seguridad caña alta, fabricadas en material aislante eléctrico, con suela antideslizante.  |  |               |               |
|               |   |  | 3.00          | 27.65         |
|               |   |  |               | <b>82.95</b>  |
| <b>SHY.85</b> | ud <b>Orejas</b>  |  |               |               |
|               | Orejas compuestas por dos casquetes ajustables con elementos almohadillados, sujetos por arnés y recambiables, homologa-dos s/MT-2, clase E.  |  |               |               |
|               |   |  | 10.00         | 8.35          |
|               |   |  |               | <b>83.50</b>  |
| <b>SHY100</b> | ud <b>Cinturón seguridad anticaidas</b>   |  |               |               |
|               | Cinturón de seguridad anticaida formado por faja dotada de hebilla de cierre con arnés para espalda, hombros y pecho ; con argolla en "D"en acero estampado ubicada en la cruceta del arnés a la espalda para cuelgue; con cuerda de amarre de 1.5 m de longitud dotada de mosquetón de enganche; fabricado en fibra de poliester y cuerda de nylon; homologada s/MT-22, clase C, tipo 1. |  |               |               |
|               |   |  | 2.00          | 72.12         |
|               |   |  |               | <b>144.24</b> |
| <b>SHY105</b> | ud <b>Chaleco reflectante</b>   |  |               |               |
|               | Chaleco reflectante formado por peto y espaldera en tejido sintético, color amarillo, ajustable.  |  |               |               |
|               |   |  | 10.00         | 12.02         |
|               |   |  |               | <b>120.20</b> |
| <b>SHY120</b> | ud <b>Mascarilla antifiltrante para polvo</b>   |  |               |               |
|               | Mascarilla antifiltrante, para ambientes con polvo únicamente, que consta de cuerpo, arnés de sujeción y válvula de exhalación, homologada s/MT-9.  |  |               |               |
|               |   |  | 10.00         | 7.99          |
|               |   |  |               | <b>79.90</b>  |
| <b>SHY130</b> | ud <b>Casco de seguridad</b>  |  |               |               |
|               | Casco de seguridad, uso normal, fabricado en material plástico, dotado de arnés, antisudatorio frontal, homologado s/MT-1, clase N.   |  |               |               |
|               |   |  | 10.00         | 1.47          |
|               |   |  |               | <b>14.70</b>  |

|               |  |        |       |                 |
|---------------|--|--------|-------|-----------------|
| <b>SHY135</b> | ud <b>Pantalla contra radiaciones</b>  |        |       |                 |
|               | Pantalla de protección contra radiaciones, con marco soporte ocular fijo y cubre-filtro, dotado de arnés y antisudatorio frontal, homologado s/MT-3, MT-18 y MT-19.                        |        |       |                 |
|               |  | 2.00   | 9.62  | <b>19.24</b>    |
| <b>SHY140</b> | ud <b>Gafas contra impacto</b>   |        |       |                 |
|               | Gafas contra impacto en los ojos, con montura de acetato, con patillas adaptables, visores de vidrio neutro , tratados e inastillables, panorámicos, clase D, homologadas s/MT-16 Y M7-17. |        |       |                 |
|               |  | 10.00  | 7.81  | <b>78.10</b>    |
| <b>SHY565</b> | ud <b>Botiquín portátil de obra</b>  |        |       |                 |
|               | Botiquín portátil de obra para primeros auxilios, conteniendo el material que especifica la O.G.H.T.   |        |       |                 |
|               |  | 1.00   | 32.45 | <b>32.45</b>    |
| <b>SHY595</b> | ud <b>Reconocimiento médico</b>  |        |       |                 |
|               | Reconocimiento médico obligatorio efectuado a los trabajadores al comienzo de la obra o transcurrido un año desde el reconocimiento inicial.   |        |       |                 |
|               |  | 10.00  | 42.07 | <b>420.70</b>   |
| <b>SHY635</b> | h <b>Formación en Seguridad e Higiene</b>  |        |       |                 |
|               | Formación específica en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo según riesgos previsibles en la ejecución de la obra.   |        |       |                 |
|               |  | 10.00  | 11.53 | <b>115.30</b>   |
| <b>SHY715</b> | ud <b>Interruptor diferencial media sensibilidad de obra</b>   |        |       |                 |
|               |  | 1.00   | 90.87 | <b>90.87</b>    |
| <b>SHY725</b> | m2 <b>Valla provisional obra</b>   |        |       |                 |
|               | Valla de cerramiento provisional de obra de 2 m de altura, de chapa plegada de acero galvanizado colocada en guías metálicas verticales, incluso cimentación, mantenimiento y retirada.    |        |       |                 |
|               |  | 120.00 | 21.79 | <b>2,614.80</b> |
| <b>SHY290</b> | ud <b>Extintor portátil polvo presión incorporada</b>  |        |       |                 |
|               | Extintor portátil de polvo polivalente (ABC) P-6, de presión incorporada y eficacia extintora de 13 A a 21 A y 89 B o C.   |        |       |                 |

1.00 39.95 39.95

**TOTAL CAPÍTULO 1.10 ..... 4,321.03**

**TOTAL EJECUCION MATERIAL ..... 489,793.96**

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

| Capítulo | Resumen                               | ImpEUROS          |
|----------|---------------------------------------|-------------------|
| 1.1.     | PREPARACIÓN DEL TERRENO .....         | 3,006.28          |
| 1.2.     | CIMENTACIÓN y SOLERIA .....           | 18,672.17         |
| 1.3.     | ESTRUCTURA METÁLICA .....             | 265,102.39        |
| 1.4.     | CUBIERTA.....                         | 24,043.34         |
| 1.5.     | CERRAMIENTOS .....                    | 81,576.80         |
| 1.7.     | URBANIZACIÓN Y OBRA CIVIL.....        | 2,594,71          |
| 1.8.     | FONTANERIA Y SANEAMIENTO .....        | 16,098.27         |
| 1.9.     | ELECTRICIDAD.....                     | 44,830.89         |
| 1.10.    | SEGURIDAD Y SALUD .....               | 4,321.03          |
|          | <b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>       | <b>457.539,88</b> |
|          | <b>Gastos Generales (8%)</b>          | <b>36,603,19</b>  |
|          | <b>Beneficio Industrial ( 8%)</b>     | <b>36,603,19</b>  |
|          | <b>I.V.A. ( 21%)</b>                  | <b>111,456,71</b> |
|          | <b>TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA</b> | <b>642,202,97</b> |
|          | <b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>      | <b>642,202,97</b> |

## BIBLIOGRAFÍA

- Alconchel Ungría José Andrés, (1988). Tesis doctoral "Modelización exergética deciclos de vapor en plantas termoeléctricas". Presentada en la ETSII Zaragoza.
- Andersen K.H. , F.J. Frandsen, P.F.B. Hansen, K. Wieck-Hansen, I. Rasmussen, P. Overgaard, and K. Dam-Johansen, (2000). Deposit Formation in a 150 MWe Utility PF-Boiler during Co-combustion of Coal and Straw, Energy & Fuels, 14 765-780.
- Faulker L.de Souza-Santos M. L. (2010) Solid Fuels Combustion and Gasification 2nd ed.CRC Press.
- Fernández Llorente M.J., R. Escalada Cuadrado, J.M. Murillo Laplaza, J.E. Carrasco García (Oct 1,2006) Combustion in bubbling fluidised bed with bed material of limestone to reduce the biomass ash agglomeration and sintering. Fuel , Volume 85 (14) Elsevier.
- Fernández M. J., E. Borjabad, R. Barro, J. Losada, R. Bados, R. Ramos y J. E.
- Carrasco (CIEMAT) CIEMAT- CEDER,(2007). Estudio sobre sinterización de las cenizas de biomasa en la combustión. Informe técnico correspondiente al periodo: 1 de enero de 2007 a 31 de diciembre de 2007. Parte 5ª del Proyecto Singular estratégico Desarrollo, demostración y evaluación de la producción de energía en España a partir de la biomasa de cultivos energéticos.
- Lozano, M. Valero, A. (1986) Evaluación de los Rendimientos Energético y Exergético de Calderas de Vapor por Pérdidas Separadas. Energía.
- Lozano, M.A. (1987) Metodología para el análisis exergético de calderas de vapor en Centrales térmicas, Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Anfac, Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones. (2009). Estudio de Costes del Transporte de Mercancías por Ferrocarril. <http://www.anfac.com/publi.htm>.
- Aranda A. - , Scarpellini S. (1996).Análisis de la Eficiencia Energética de la Industria Española y su Potencial de Ahorro.
- Arauzo, I. - Lacarta, L. (1993) Metodología y Sistema para la Optimización del consumo de Auxiliares en CCTT... Rev. Energía Arauzo, I. - Royo J. (Sep 20-24 1993) Strategies for Auxiliary Systems Consumption Optimization in Coal Power plants. Thenth Annual International Pittsburgh Coal Conference. USA.

- IDAE, “Energía de la biomasa” Manuales de energías renovables 2, Madrid, Enero 2007.
- “Producción de biomasa y fijación de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles”. INIA Montero, G. *et al.* (2006)
- Prando, Raul R (2013) Biomasa, Una Energía Renovable, Turboflow Uruguay S.A.
- Jarabo Friedrich, F. con la colaboración de J. Fernández González. *La Energía de la biomasa*. 2ª edición. Año 1999. Publicación Madrid: S.A.P.T. Publicaciones Técnicas.
- Sebastián Nogués, F., García-Galindo, D. y Rezeau, A. *Energía de la biomasa*. Año 2010. Publicación Zaragoza: Pressas Universitarias de Zaragoza.
- Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid. *La Energía en el siglo XXI: situación actual y retos de futuro*. Año 2009. Publicación Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Jornadas de debate Octubre y Noviembre 2007.
- Fernández Salgado, J. *Guía completa de la biomasa y los biocombustibles*. 1ª edición. Año 2010. Publicación: A. Madrid Vicente, ediciones.
- Tolsana Esteban, E. *Manual técnico para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal*. Año 2009. Publicación: Mundi prensa-libros S.A.
- Enciso Alcinas, E. *Guía para el uso y aprovechamiento de la biomasa en el sector forestal*. Año 2006. Publicación Fundación Michelin Desarrollo
- Vicente, A. *La biomasa y sus aplicaciones energéticas*. Año 2012. Publicación: A. Madrid Vicente, ediciones.
- Artículo Revista Bioenergy Internacional nº16. *Grandes consumidores de energía: ahorrar con biomasa*. Año 2012
- IDAE. *Energía de la biomasa. Energías renovables*. Año 2010
- IDEA. *Biomasa. Producción eléctrica y cogeneración*. Año 2007

## PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente. Tercer Inventario Nacional
- Forestal: [www.magrama.gob.es](http://www.magrama.gob.es)
- Energía y economía: [www.omie.es](http://www.omie.es)
- Agencia de la Energía de Castilla – La Mancha – [www.agecam.es](http://www.agecam.es)
- Asociación para el la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España [www.adabe.net](http://www.adabe.net)
  - Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa [www.avebiom.es](http://www.avebiom.es)
  - Asociación para el la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España. [www.adabe.net](http://www.adabe.net)
  - Asociación de Productores de Energías Renovables - [www.appa.es](http://www.appa.es)
  - Boletín Oficial del Estado - [www.boe.es](http://www.boe.es)
  - Gobierno de Castilla – La Mancha - [www.jccm.es](http://www.jccm.es)
  - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) - [www.idae.es](http://www.idae.es)
  - Sección de biomasa y biocombustibles de la Agencia Internacional de la Energía.
    - [www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)
    - Pagina de la Asociación Industrial Europea de la Biomasa. [www.eubia.org](http://www.eubia.org)
    - [www.ence.es](http://www.ence.es)
    - [www.bioenergytrade.com](http://www.bioenergytrade.com)
    - [www.docenariosostenible.com](http://www.docenariosostenible.com)
    - [www.enersilva.org](http://www.enersilva.org)
    - [www.micro-cogeneracion.net](http://www.micro-cogeneracion.net)
    - [www.foresa.net](http://www.foresa.net)

## LIBROS CONSULTADOS.

Manual del “Curso Experto en instalaciones con calderas de Biomasa”, organizada por el C.O.I.T. e Innotec Servicios Energéticos Año 2013.

- Energía de la biomasa (Volúmenes I y II) Autores: Fernando Sebastián Nogués, Daniel García-Galindo y Adeline Rezeau.
- Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals Autor: Donald L.Klass
- La Biomasa. Fundamentos, Tecnologías y Aplicaciones Autor: Alain Damien

## **PROGRAMAS DE CÁLCULO**

### **·AUTOCAD**

Programa informático empleado tanto en la realización de los planos de las Instalaciones..

### **·PRESTO**

Programa informático empleado en la generación de las mediciones y el presupuesto.

### **CYPECAD 2013.**

(Generador de porticos, y Metal 3 D Clasico). Programa informatico de diseño, calculo y dimensionado de estructuras metalicas.