



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Línea de recubrimiento electroquímico para  
plateado de piezas a granel**

**Autor:**

**Carbajo Vallejo, Carlos**

**Tutor:**

**Rodríguez García, Felix**

**Departamento de Química Analítica**

**Valladolid, Julio de 2017**



## Resumen

Los tratamientos superficiales metálicos tienen como objetivo modificar la superficie de una pieza para conseguir unas mejores propiedades y características, este tipo de tratamientos es un recurso muy presente en muchas industrias de diferentes sectores. Para ello se tiene como objeto la implantación y el desarrollo, teniendo en cuenta la normativa vigente, de las instalaciones necesarias para el recubrimiento electroquímico en plata de piezas a granel.

Para lo que será necesario el estudio de una serie de procesos, para elegir los tratamientos más adecuados, para así obtener un correcto acabado de las piezas y provocar el menor impacto medioambiental posible, y del equipamiento necesario para llevar a cabo la actividad de forma correcta y segura para los trabajadores.

**Palabras claves:** Recubrimientos electroquímicos, plateado, línea de producción, procesos químicos, minimización de residuos.

## Abstract

Metal finishing aims to modify the surface of a metallic utensil to obtain better properties and characteristics. This type of treatment is a very present resource in many industries of different sectors. For this purpose, the objective is the implantation and the development, taking into account the current regulations, the necessary installations for silver electrochemical coating of bulk pieces.

For that, it will be necessary the study of a series of processes, to choose the most suitable treatments, in order to obtain a correct finish of the utensils and to cause the least possible environmental impact, and the equipment necessary to carry out the activity in a correct and safe way for workers.

**Keywords:** Electrochemical coatings, silver plating, production line, chemical process, waste minimisation.





ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

# MEMORIA

**Carlos Carbajo Vallejo**



## Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN .....	7
1.1	Antecedentes .....	7
1.2	Objeto del proyecto .....	7
1.3	Agentes.....	8
1.4	Situación .....	8
1.5	Condicionantes.....	8
1.5.1	Condicionantes del promotor .....	8
1.5.2	Condicionantes del medio físico .....	9
1.5.3	Condicionantes legales.....	9
1.5.3.1	Seguridad estructural .....	9
1.5.3.2	Acciones de la edificación .....	11
1.5.3.3	Cimientos.....	12
1.5.3.4	Construcción sismorresistente .....	13
1.5.3.5	Instrucción de hormigón estructural .....	13
2	DESCRIPCION DE LAS EDIFICACIONES.....	13
2.1	Descripción general.....	13
2.2	Planta baja .....	14
2.3	Primera planta .....	15
2.4	Planta .....	16
3	MEMORIA CONSTRUCTIVA.....	16
3.1	Limpieza del terreno y movimiento de tierras.....	16
3.2	Cimentación .....	16
3.3	Estructura.....	18
3.4	Solera .....	18
3.4.1	Solera de aseos y vestuarios.....	18
3.4.2	Solera zona de oficinas.....	19
3.4.3	Cerramiento de la nave .....	19
3.4.4	Cubiertas.....	19
3.4.5	Ventanas.....	20
3.4.6	Puertas exteriores .....	20
3.4.7	Puertas interiores.....	20

3.4.8	Particiones interiores .....	20
3.4.9	Escaleras .....	21
4	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS .....	21
4.1	Almacenamiento y manipulación .....	22
4.1.1	Piezas a ser tratadas .....	22
4.1.2	Piezas tratadas.....	24
4.1.3	Materias primas .....	24
4.1.3.1	Gestión de stock .....	24
4.1.3.2	Manipulación.....	25
4.1.4	Materiales de desecho .....	25
4.2	Preparación previa de las piezas .....	26
4.2.1	Predeengrase químico con detergentes.....	27
4.2.2	Desengrase electrolítico .....	28
4.2.3	Activado-decapado ácido.....	28
4.3	Tratamientos electrolíticos aplicados .....	30
4.3.1	Baño de cobre cianurado .....	30
4.3.2	Baño de cobre ácido .....	32
4.3.3	Baño de níquel .....	34
4.3.4	Baño de plata .....	37
4.3.5	Baño de preplateado .....	38
4.4	Tratamientos posteriores.....	39
4.4.1	Tratamiento antideslustre de la plata .....	39
4.5	Etapas de lavado .....	42
4.5.1	Calidad de lavado.....	42
4.5.2	Técnicas de lavado .....	44
4.5.2.1	Lavados simples .....	44
4.5.2.2	Lavado múltiple en cascada .....	44
4.5.2.3	Lavado estanco.....	45
4.5.2.4	Lavado químico.....	45
4.5.3	Condicionantes del dimensionado de la línea proyectada .....	46
4.5.3.1	Número de etapas de lavado.....	46
4.5.3.2	Bajo consumo de agua.....	46



4.5.3.3	Calidad de lavado .....	46
4.5.3.4	Posibilidades de devolución y ahorro de materia prima.....	47
4.5.4	Etapas de lavado definidas .....	47
4.6	Diagrama sinóptico del proceso.....	49
4.7	Control de los baños .....	50
4.7.1	Calidad del agua de alimentación .....	51
4.7.2	Medidas de mantenimiento para los baños electrolíticos.....	52
4.7.2.1	Filtración por carbón activo.....	53
4.7.2.2	Técnicas de tratamiento y reutilización de baños.....	55
4.7.3	Medidas de mantenimiento para baños de desengrase .....	57
4.7.4	Medidas de mantenimiento para baños de decapado .....	59
4.7.5	Minimización de arrastres .....	59
4.8	Control de calidad y entrega.....	60
4.8.1	Controles de calidad de los baños.....	60
4.8.1.1	Célula Hull (*) .....	61
4.8.1.2	pH-Metro.....	64
4.8.1.3	Ionómetro .....	64
4.8.2	Control de expedición .....	65
4.8.2.1	Espesor.....	65
4.8.2.2	Porosidad .....	66
4.8.2.3	Adherencia .....	67
4.8.2.4	Dureza .....	67
4.8.2.5	Tensiones internas .....	68
4.8.2.6	Ductilidad .....	68
4.8.2.7	Ausencia de contaminación .....	69
4.8.2.8	Brillo.....	69
4.8.3	Entrega de productos acabados .....	69
4.9	Minimización de residuos .....	70
4.9.1	Sustitución de materias primas.....	70
4.9.1.1	Cianuros .....	70
4.9.1.2	Ácido etilendiaminotretacético.....	71
4.9.1.3	Perfluoroctano sulfonato.....	72

4.9.2	Gestión de aguas residuales.....	72
4.9.2.1	Neutralización de los ácidos.....	73
4.9.2.2	Oxidación de los cianuros.....	74
4.9.2.3	Recuperación de metales.....	75
4.9.2.4	Emisión de aguas residuales.....	76
4.9.3	Gestión de emisiones.....	79
4.9.3.1	Tratamiento de las emisiones a la atmosfera.....	79
4.9.3.2	Emisiones a la atmosfera.....	80
4.9.4	Formación de los empleados.....	81
5	DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	81
5.1	Cubas de lavado.....	82
5.2	Cubas de tratamiento.....	83
5.2.1	Modelo de cubas.....	83
5.2.2	Sujeción de ánodos.....	83
5.2.3	Contactos entre tambor-rectificador.....	84
5.2.4	Bolsas anódicas.....	86
5.2.5	Sondas y control de temperatura.....	87
5.2.6	Resistencias térmicas.....	88
5.3	Tanques para la preparación de disoluciones.....	89
5.4	Tambor rotativo.....	89
5.4.1	Cables de contacto sellados.....	90
5.4.2	Contacto eléctrico.....	91
5.5	Unidad de filtrado.....	92
5.5.1	Bastidor de la unidad.....	93
5.5.2	Bomba.....	93
5.5.3	Elementos conductores.....	95
5.6	Pórticos elevadores.....	95
5.7	Rectificadores.....	96
5.7.1	Sección de los conductores.....	98
5.8	Extractores localizados.....	98
6	INSTALACIONES.....	99
6.1	Electricidad.....	99

6.1.1	Descripción general .....	99
6.1.1.1	Electrificación del local.....	99
6.1.1.2	Dispositivos generales e individuales de protección .....	99
6.1.1.3	Toma a tierra.....	99
6.1.2	Conductores .....	100
6.1.3	Toma de corriente.....	101
6.1.4	Conexiones .....	101
6.1.5	Sistema de instalación .....	101
6.1.6	Tubos y canales protectores .....	102
6.1.7	Protecciones.....	105
6.1.7.1	Sección de los conductores de protección .....	106
6.1.8	Elección de diseño y características de cada instalación .....	106
6.1.8.1	Exterior del edificio .....	106
6.1.8.2	Interior de la zona de administración.....	106
6.1.9	Régimen del neutro.....	109
6.1.10	Instalación de puesta a tierra.....	110
6.1.11	Cuadro General de Baja Tensión.....	111
6.1.12	Subcuadros.....	111
6.1.13	Centro de transformador .....	111
6.2	Red de agua fría .....	113
6.2.1	Condiciones de suministro .....	113
6.2.2	Sistema de instalación .....	113
6.2.3	Acometida e instalación general.....	113
6.2.4	Alojamiento del contador principal .....	114
6.2.5	Distribución.....	114
6.2.6	Separación de otras instalaciones.....	115
6.3	Instalación de agua caliente sanitaria.....	115
6.3.1	Producción de ACS.....	115
6.3.2	Distribución.....	115
6.4	Instalación de saneamiento .....	116
6.4.1	Colectores.....	117
6.4.2	Botes sifónicos .....	117

6.4.3	Sumideros.....	117
6.4.4	Instalación de evacuación de aguas pluviales.....	118
6.4.5	Arquetas.....	118
6.4.6	Bajantes.....	118
7	EQUIPAMIENTO.....	118
8	NORMATIVA APLICADA.....	119
8.1	Estructuras.....	120
8.2	Cubiertas.....	120
8.3	Protección Aislamiento térmico.....	121
8.4	Instalaciones.....	121
8.4.1	Agua .....	121
8.4.2	Calefacción y agua caliente sanitaria .....	121
8.4.3	Instalaciones eléctricas .....	121
8.4.4	Residuos .....	122
8.4.5	Suelos .....	123
8.4.6	Agua .....	123
8.4.7	Atmósfera .....	123
8.4.8	Normas autonómicas.....	123
9	CONCLUSIONES.....	125

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

El sector de recubrimiento electrolítico de superficies en España está formado en su mayoría por las llamadas PYMEs. Esta actividad tiene como finalidad aplicar una variedad de procesos por los cuales se altera la estructura inicial de una superficie para dotarles de nuevas características, ya sea por un acabado superficial.

Este tipo de empresa, como las existentes en otros sectores, tiene que mantener y conseguir la competitividad de la empresa. Teniendo en cuenta y como un obstáculo necesario para conseguir dicho objetivo está la lucha contra la contaminación. A lo largo de los años se ha investigado en el sector para la racionalización de consumos excesivos provenientes principalmente del agua, materias primas y así conseguir una mejora de los rendimientos en la producción.

Con este proyecto se pretende la construcción de una nueva línea de producción, en un terreno donde no existe ningún tipo de construcción situado en el polígono industrial de Arroyo de la Encomienda.

Por lo que habrá que ejecutar una nave para establecimiento de una línea de producción y diversas dependencias. Y la adecuación con distintas instalaciones como la maquinaria y equipamiento necesario para llevar a cabo la actividad.

## 1.2 Objeto del proyecto

El objeto del Proyecto es la descripción y cálculo, teniendo en cuenta en todo momento la normativa vigente, de las instalaciones necesarias a realizar para la ejecución de una línea de recubrimientos electroquímicos para plateado de piezas a granel con producción mínima de 60 Kg/h. Con la finalidad de poder llevar a cabo la actividad con total seguridad y ergonomía para todos los trabajadores.

Con la finalidad de conseguir los objetivos y la aprobación de todas las instituciones que intervienen en los siguientes puntos y que dicha documentación sirva para la legalización de esta industria y su inscripción en los registros oficiales vigentes.

### 1.3 Agentes

PROMOTOR: Universidad de Valladolid

PROYECTISTA: Carlos Carbajo Vallejo. Colegiado nº 1234, Colegio Oficial de Graduados en Ingeniería de la Rama Industrial e Ingenieros Técnicos Industriales de Valladolid (COPITIVA). Calle Saturno, 11, 4º b, CP: 47009, Valladolid.

DIRECTOR DE OBRA: Antonio González Rodríguez

### 1.4 Situación

El emplazamiento de la nave donde se desarrolla este Proyecto se encuentra situado en la Calle Atlas 4, en el parque empresarial La Encomienda, en el municipio de Arroyo de la Encomienda en la provincia de Valladolid.

El suelo sobre el que se va a edificar el actual proyecto posee actualmente la calificación de SUELO INDUSTRIAL.

### 1.5 Condicionantes

#### 1.5.1 Condicionantes del promotor

El promotor se plantea un nuevo proyecto que le permita desarrollar intervenir en el recubrimiento electroquímico para el plateado de piezas de acero a granel con producción de 60 Kg/h.

Las necesidades expuestas por el promotor para la redacción del presente proyecto, se refiere a las instalaciones, equipamiento, distribución y acabados de las instalaciones que se encontraran en una parcela de 3500 m<sup>2</sup>.

Las instalaciones deberán contar con:

- Zona de recepción y oficinas
- Zona de vestuarios y de descanso de personal.
- Zona de piezas a tratar
- Zona de almacenamiento de tambores
- Zona de almacenamiento de materia prima
- Zona de almacenamiento y tratamiento de residuos peligrosos

- Zona de expediciones.
- Laboratorio de análisis químico y control de calidad.
- Una zona principal donde se encuentre la línea de producción, junto con su control.

### **1.5.2 Concionantes del medio físico**

No existe ninguna edificación anterior que deba ser demolida para realizar los trabajos de construcción de la edificación.

La parcela es prácticamente llana y la nave y sus explanadas son horizontales.

### **1.5.3 Condicionantes legales**

La justificación se realizará para las soluciones adoptadas conforme a lo indicado en el CTE. También se justificarán las prestaciones del edificio que mejoren los niveles exigidos en el CTE.

El CTE establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la LOE.

#### **1.5.3.1 Seguridad estructural**

Las condiciones de seguridad estructural que establece el CTE están recogidas en un documento básico (DB) que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural.

Dentro del documento DB-SE: Seguridad estructural encontraremos diferentes apartados:

- DB-SE-AE: Acciones en la edificación
- DB-SE-C: Cimientos
- DB-SE-A: Acero
- DB-SE-F: Fábrica

Deberán tenerse en cuenta, además, las especificaciones de la normativa siguiente:

- NCSE: Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.
- EHE -08: Instrucción de hormigón estructural EFHE: Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados.

El proceso del análisis estructural y dimensionado de este apartado tiene como fin determinar las situaciones de dimensionad, el establecimiento de las acciones y el análisis estructural.

El periodo de servicio será de 50 años.

El método de comprobación utilizado será el de los estados limites (situaciones en las cuales, de superarse, se puede considerar que el edificio no cumple con los requisitos estructurales para los que ha sido concebido).

Estado limite ultimo: (situación que, de ser superada, provoca un estado de riesgo para las personas ya sea por deformaciones estructurales causadas por perdida de equilibrio, deformación excesiva, transformación de la estructura, rotura de elementos estructurales o sus uniones, o inestabilidad de estos).

Los estados límite de servicio: son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento de del edificio o a la apariencia de la construcción. Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. Como estados límite de servicio deben considerarse los relativos a:

1.Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones.

2.Las vibraciones que causen una falta de confort de las personas, o que afecten a la funcionalidad de la obra.

3.Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

Las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo:

- Acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las



acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

- Acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.
- Acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión.

Valor característico: el valor característico de una acción se define, según el caso, por su valor medio, por un fractil superior o inferior, o por un valor nominal.

Como valor característico de las acciones permanentes se adopta, normalmente, su valor medio.

Para la acción permanente debida al pretensado se podrá definir, en cada instante  $t$ , un valor característico superior y un valor característico inferior.

Como valor característico de las acciones variables, se adopta o un valor nominal o un valor superior o inferior.

Datos geométricos de la estructura: la definición geométrica esta en los planos del proyecto.

Materiales: los valores característicos de las propiedades de los diferentes materiales se detallan en la justificación de DB al que correspondan, o en el de la EHE.

### 1.5.3.2 Acciones de la edificación

#### -Acciones permanentes

Peso propio: El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos de hormigón armado, calculados a partir de sus secciones brutas y multiplicadas por el peso específico del hormigón armado (25).

Pretensado: La acción del pretensado se evaluará a partir de lo establecido en la Instrucción EHE.

Acciones del terreno: Las acciones derivadas del empuje del terreno, tanto las procedentes de su peso como de otras acciones que actúan sobre él, o las acciones debidas a sus desplazamientos y deformaciones, se evalúan y tratan según establece el DB-SE-C.

### - Acciones variables

Sobrecarga de uso: La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Acciones sobre barandillas y elementos divisorios: no se tendrán en cuenta porque no hay balcones o volados en el edificio con barandillas.

Viento: Las disposiciones de este Documento Básico no son aplicables a los edificios situados en altitudes superiores a 2.000 m. En estos casos, las presiones del viento se deben establecer a partir de datos empíricos disponibles.

Acciones térmicas: Para elementos expuestos a la intemperie, como temperatura mínima se adoptará la extrema del ambiente.

### - Acciones accidentales

Sismo: Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE, Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación.

Incendio: Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el DB- SI. En las zonas de tránsito de vehículos destinados a los servicios de protección contra incendios, se considerará una acción de 20 kN/m<sup>2</sup> dispuestos en una superficie de 3 m de ancho por 8 m de largo, en cualquiera de las posiciones de una banda de 5 m de ancho, y las zonas de maniobra, por donde se prevea y se señalice el paso de este tipo de vehículos.

### 1.5.3.3 Cimientos

El comportamiento de la cimentación se verifica frente a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) y la aptitud al servicio. A estos efectos se distinguirá, respectivamente, entre estados límite último y estados límite de servicio. Las comprobaciones de la capacidad portante y de la aptitud al servicio de la cimentación se efectúan para las situaciones de dimensionado pertinentes.

La cimentación es superficial y se resuelve mediante los siguientes elementos: losas de hormigón armado y vigas de cimentación de hormigón armado, cuyas tensiones máximas de apoyo no superan las tensiones admisibles del terreno de cimentación en ninguna de las situaciones de proyecto.

#### 1.5.3.4 Construcción sismorresistente

La norma de construcción sismorresistente tiene como objeto proporcionar los criterios que han de seguirse dentro del territorio español para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que le sea aplicable.

Esta Norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta. En los casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta esta Norma, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original.

#### 1.5.3.5 Instrucción de hormigón estructural

Esta instrucción de Hormigón Estructural es el marco reglamentario por el que establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente.

La vida útil nominal de un edificio de estructura de ingeniería civil como este es de 50 años. Bases de cálculo:

Como base de cálculo se usará el método de los estados límite. Como Estados Límites Últimos deben considerarse los debidos a:

1. Fallo por deformaciones plásticas excesivas, rotura o pérdida de la estructura.
2. Pérdida del equilibrio de la estructura o parte de ella.
3. Fallo por acumulación de deformaciones o fisuración.

## **2 DESCRIPCION DE LAS EDIFICACIONES**

### **2.1 Descripción general**

La solución adoptada es la construcción de una sola nave, distribuida en una parte destinada al taller de una sola planta de forma rectangular con unas medidas de 25 x 15 metros situada en la parte trasera en el sur de la parcela, la zona anexa en la misma nave destinada a oficinas tendrá dos

plantas de forma rectangular con unas dimensiones de 10 x 15 metros situada al norte.

En la parte oeste de la parcela se destinará a un aparcamiento para automóviles de 5 plazas, una de ella para discapacitados. El plan parcial exige una plaza de garaje por cada 150 m<sup>2</sup> construidos.

Se dispondrá de entradas de vehículos por el norte con una parte en la zona sur se colocará la zona de maniobras para el acceso a los muelles de carga de los camiones.

Se hormigonará y asfaltarán las partes de tránsito de vehículos, el aparcamiento y la zona de maniobras para los camiones.

Se cerrará la parcela con un vallado formado por bloques de hormigón de medidas 50x20x20 cm donde se apoyará una reja metálica con varilla maciza lisa.

Para la salida de vehículos se destinará una puerta cancela de valla de 12 m de largo en hoja de corredera tipo ROPER, sin guía superior y con pórtico lateral de sustentación y tope de cierre con ruedas torneadas de 200 mm. de diámetro con rodamiento de engrase permanente.

También contará con una puerta peatonal de entrada a la parcela.

## 2.2 Planta baja

La planta baja cuenta con un recibidor, vestuarios con aseos que son iguales tanto los masculinos como los femeninos, una sala de control, una sala laboratorio y la zona de escaleras donde estará el acceso de los trabajadores y la subida a la parte superior de oficinas.

Los vestuarios y aseos constan de tres partes, una parte con lavabos con sus correspondientes grifos, encima de los lavabos se colocará un espejo, al lado de estos se dispondrá de un secador, en la misma parte habrá dos inodoros en un ambiente separado, esta parte estará unida con la parte que contará con dos duchas. En la zona destinada a los vestuarios habrá taquillas y bancos para uso de los trabajadores, además esta última parte habrá una puerta conectada con la zona de descanso de trabajadores.

La sala de control constará de varias mesas destinadas a los ingenieros que trabajen en la nave, habrá varias mesas destinadas como escritorio para cada uno de los ingenieros. Las mesas tendrán ordenador para el correspondiente trabajo, en las paredes se colocarán estanterías, además de tener una puerta hacia la planta.

En la sala laboratorio dispondrá de varios bancos de trabajo en las que se dispondrá del distinto instrumental necesario para el correcto desarrollo de sus actividades, también contarán con estanterías, además de tener una puerta para el acceso a la planta.

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción	24
Distribuidor (Escaleras)	22
Pasillo	5
Aseo 1	7
Aseo 2	7
Vestuario 1	7
Vestuario 2	7
Sala de control	16
Laboratorio	48

### 2.3 Primera planta

La primera planta cuenta con una sala de reuniones, aseos para hombres y mujeres, una escalera de bajada a la planta baja con una zona reservada que contempla que en futuro puedan instalarse más puestos de trabajo, dos despachos, uno para el director y otro para los empleados.

La sala de juntas consta de una mesa con varias sillas alrededor para que se puedan realizar reuniones.

Los aseos son iguales tanto para hombres o para mujeres, contienen un lavabo con sus respectivos grifos, encima del lavabo se colocará un espejo y al lado un secador. En esa misma zona se colocarán el inodoro.

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )
Despacho 1	17
Despacho 2	36
Sala de Reuniones	29
Aseo 3	7
Aseo 4	7
Zona de descanso	17
Escaleras	19

## 2.4 Planta

En la planta ira colocada la línea de recubrimiento electroquímico donde operan los trabajadores. En la zona sur estarán situados el almacén, el almacén de productos químicos, una zona de tratamiento de efluentes y en una zona anexa la zona estará situada la zona de equipos eléctricos.

Habrà dos salidas de emergencia para los trabajadores, y dos puertas de grandes dimensiones para el tránsito de grandes volúmenes. En la zona de almacenaje contara con tres muelles de carga para camiones.

## 3 MEMORIA CONSTRUCTIVA

### 3.1 Limpieza del terreno y movimiento de tierras.

La parcela se encuentra nivelada por lo tanto las operaciones a realizar son:

- Desbroce y limpieza del terreno con una profundidad media de 50cm mediante medios mecánicos con posterior transporte de las tierras al vertedero.
- Excavación de zanjas para cimentaciones e instalaciones realizando previamente los trabajos de replanteo comprobando después que los datos del terreno coinciden después con los de la documentación técnica.
- Rellenar las zanjas excavadas para instalaciones con la tierra obtenida de la propia excavación compactándola. Realizar esta compactación mediante una bandeja vibrante y rellenar las zanjas excavadas para las cimentaciones con zahorra natural caliza.
- Transporte de las tierras sobrantes debido a las excavaciones de zanjas al vertedero con un camión basculante con 10 toneladas de carga.

### 3.2 Cimentación

El proceso de cimentación se llevará a cabo mediante las siguientes etapas:

- Las cimentaciones se realizan a base de zapatas aisladas y combinadas mediante zunchos de atado.

- Esta cimentación se calculará para una resistencia del terreno de 2,00 Kg/cm<sup>2</sup>. Si estos datos no fuesen coincidentes con los encontrados en el terreno la dirección técnica decidirá las medidas oportunas en su caso.
- Arriostramiento: colocación de vigas de atado entre zapatas de hormigón armado HA-25/B/20/IIa N/mm<sup>2</sup>. El encofrado de dichas vigas se realizará con madera recuperable.
- El encofrado y desencofrado se realizará con madera suelta en zapatas, zanjas y vigas riostras de cimentación, considerando ocho posturas.
- Se aplica el hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación. Para ello se vierte hormigón en masa HM-20/P/50/IIa N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 50 mm, elaborado en central, el vertido se realiza con pluma grúa y se realiza vibrado y colocación. Todas las acciones según EHE.
- Se hace la armadura de la zapata mediante parrillas de cimentación de zapatas, formando cuadrícula con acero corrugado B 500-S. Para que las armaduras no estén en contacto con el terreno se harán uso de separadores adecuados.
- Instalación de zapatas mediante hormigón en masa para armar HA-25/B/20/ II a N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20mm de elaboración en central, con vertido mediante, pluma grúa. Se realizará el vibrado oportuno. Todas las acciones según EHE.
- El hormigonado de las vigas de atado mediante hormigón armado HA-25/B/20/ II a N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20mm de elaboración en central.
- Se realizarán análisis químicos del cemento según normas UNE. También se realizarán controles de calidad de cimentaciones en condiciones normales, incluyendo tomas de muestra de hormigón fresco y fabricación de probetas cilíndricas de 15x30 cm.
- Se considerarán las humedades por capilaridad tanto en las cimentaciones como en el cerramiento.

### 3.3 Estructura

La planta baja está cubierta por losas alveolares prefabricadas, en el piso superior está colocado por losas de hormigón prefabricadas sobre chapa grecada; la cubierta plana está apoyada sobre estas losas, colocada de forma que las bajantes desembocan en los sumideros. Con una estructura metálica compuesta principalmente de perfiles HEB 360 y HEA 450, con un tejado a dos aguas y sobre un pórtico con un vano de 15 metros de longitud.

### 3.4 Solera

Se pueden distinguir dos grandes tipos de soleras, soleras macizas pesadas o macizas ligeras, en nuestro caso se utilizarán las soleras ligeras, también podemos hacer una segunda diferenciación según la zona en la que se vaya a utilizar distinguiendo entre soleras para los vestuarios y aseos y el resto de la zona de oficinas.

- Solera de 20 cm de espesor, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa N/mm<sup>2</sup>, tamaño máximo del árido 20mm, elaborado en central, con colocación y armado mediante mallazo electrosoldado de 150x150x10 mm.
- Barrera de vapor de 1cm de espesor constituida por 0,3 kg/m<sup>2</sup> de imprimación asfáltica CURIDAN y capa de 1,5 kg/m<sup>2</sup> de oxiasfalto en caliente de 90/50.
- Aislamiento térmico para soleras mediante placas rígidas de poliestireno extruido STYRODUR 2500/30 de 6cm de espesor.
- Recrecido de mortero de cemento y arena de río 1/8 de 10cm de espesor.

#### 3.4.1 Solera de aseos y vestuarios

Solado de baldosa de gres antideslizante 31x31 cm., recibido con mortero de cemento y arena de río 1/6.



### 3.4.2 Solera zona de oficinas

Solado de tarima de 8 cm. de espesor con acabado en corte de sierra.

### 3.4.3 Cerramiento de la nave

Muro exterior con en lucido en ladrillo en bloque, con cámara de aire sobre membrana resistente al vapor y tabla de muro de yeso.

En cuanto al cerramiento exterior para la zona de equipos eléctricos, será mediante panel sándwich, compuesto por chapa exterior e interior de acero galvanizado y pre-lacado de espesores en revestimiento y color gris con aislamiento intermedio con núcleo de Poliuretano

### 3.4.4 Cubiertas

La cubierta que utilizaremos en nuestra zona de oficinas será cubierta invertida formada por capa de hormigón ligero, debido a la facilidad de colocación y a la necesidad de tener un buen aislamiento para tener las mínimas pérdidas de carga posibles.

#### Puesta en obra:

Los elementos integrantes de una cubierta plana invertida son los que se relacionan a continuación:

- Losas de hormigón prefabricado sobre chapa grecada.
- Capa de formación de pendientes.
- Hormigón ligero
- Lámina PVC
- Aislamiento térmico para cubiertas mediante placas rígidas de poliestireno extruido de 50 mm de espesor.

Se utilizarán adhesivo soldador y sellante líquido para sellar la cubierta completamente.

En el resto de la nave, la cubierta será un tejado a dos aguas apoyado en un pórtico de 15 m de longitud, que consistirá en paneles de unos 50 mm de espesor total conformado con doble chapa de acero de 0.5 mm, entre los cuales se intercalarán placas traslúcidas para dar así más luminosidad a la zona de trabajo.

La parte de oficinas contara con un falso techo tipo desmontable y registrable de placas de escayola de yeso sobre perfilería de aluminio.

### **3.4.5 Ventanas**

Todas las ventanas que se montan tienen las siguientes características están formadas por ventana abatible con rotura de puente térmico y Climalit con dos lunas incoloras. En el caso de la nave serán aspecto básico, mientras que la oficina será de marco invisible.

### **3.4.6 Puertas exteriores**

La puerta de acceso peatonal a la zona de oficinas es una puerta de cristal de doble acción de dos hojas.

Las puertas peatonales de salida desde el taller es una puerta metálica batiente de dos hojas terminada en chapa y apertura de emergencia.

La parte del taller contará con puertas metálicas de sistema basculante con puerta peatonal, mientras que las puertas de tránsito interiores serán puertas metálicas enrollables.

### **3.4.7 Puertas interiores**

Las puertas de acceso a las diferentes estancias de la planta baja y baños serán puertas de acción simple, de hoja sencilla de paso y acabado liso de pino. En cuanto a las puertas de entrada a las oficinas dispondrán de cristal central, serán de hoja doble general mente, a excepción del despacho individual que será de una hoja. y con acabado liso de pino.

### **3.4.8 Particiones interiores**

Los muros interiores se componen de tabique autoportante formado por una estructura de perfiles de chapa de acero galvanizado de 29 cm y canales a cada lado de la cual se atornillan una placa de yeso laminado Pladur tipo N de 15 mm de espesor. Con enfoscado y pintura blanca, mientras que las paredes de los aseos estarán cubiertas de azulejos blancos.

En cuanto a los muros interiores dispuestos como división de la nave estará dispuesto con bloques estándar de hormigón.

En cuanto al muro que hay entre la zona de oficinas y la parte del taller corresponde al muro del taller ya citado anteriormente.

### **3.4.9 Escaleras**

Las escaleras estarán compuestas de:

- Tablero de rasillón machihembrado, para formación de pendientes en escaleras, apoyado en cualquier elemento estructural y recibidor de barandilla de escalera de metal acristalada con un lacado negro.

## **4 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS**

El proceso tiene como finalidad la modificación de la superficie mediante electrodeposición de capas de metal sobre la superficie a tratar. Es principalmente como proceso electrolítico y requiere de una fuente externa de corriente eléctrica. Se conoce comúnmente como Galvanizado.

En nuestro caso el cliente especifica que dicho recubrimiento tendrá como finalidad mejorar las propiedades del material dando una mayor dureza, resistencia a la corrosión y resistencia a las altas temperaturas.

Anterior al proceso de galvanizado, la planta recibirá las piezas provenientes de pasar por un proceso de mecanizado, dato a tener en cuenta junto con su uso final a la hora de determinar el tratamiento a aplicar y, por ello, las etapas de las que constará la línea.

El tamaño y complejidad de las etapas vendrá determinado por el tipo de tratamiento a realizar, los estándares de calidad requeridos por el cliente, el tipo, tamaño y cantidad de piezas a tratar.

Estas necesidades determinarán el tipo de transporte para las piezas que debe utilizarse, así como el bastidor o el tambor.

## 4.1 Almacenamiento y manipulación

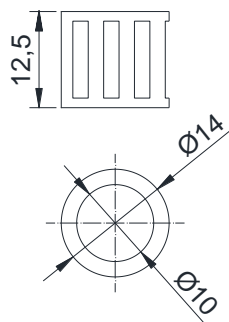
### 4.1.1 Piezas a ser tratadas

El mayor requerimiento a considerar a la hora de almacenar las piezas es que son metálicas a ser tratadas por lo que podrán sufrir un proceso de corrosión. La corrosión puede repercutir gravemente en su tratamiento posterior, y sus propiedades finales, por lo que será bastante necesario su reprocesado y por ello la pérdida de beneficios. Como medida a la oxidación se podrá necesitar el uso de aceites que repercutirán en las etapas previas al tratamiento de su superficie.

Las piezas a tratar por petición del cliente serán de diferentes medidas, pero siempre de pequeño tamaño, por lo que implicará que la instalación deba ser de recubrimiento electroquímico a granel.

Las piezas que nos plantea el cliente será el recubrimiento de las jaulas de los rodamientos para motores con un rango de funcionamiento a altas temperaturas y funcionamiento continuo, estos motores requieren un tipo de cojinete más fuerte que otro tipo. Este tipo de rodamiento se usa en motores de reacción o motores con un funcionamiento a altas revoluciones donde tienen que soportar altas temperaturas a rangos constantes de giro.

El colocar una capa de plata entre el cojinete de bolas de acero y su alojamiento reduce la fricción entre los dos, aumentando el rendimiento y la longevidad del motor. A pesar de las altas temperaturas internas, los cojinetes revestidos con plata proporcionan un rendimiento superior y un margen crítico de seguridad para los motores. Incluso en el caso de una falla en la bomba de aceite, los cojinetes plateados proporcionan suficiente lubricación para permitir un apagado seguro del motor antes de que se produzcan daños más graves. Básicamente aumenta el rendimiento tribológico, el cual se encarga de medir el rendimiento frente a la fricción, el desgaste y la lubricación.



La jaula más pequeña y por tanto, la que más área catódica nos describirá en su conjunto hasta llegar a 60 kg de piezas.

Para calcular el área catódica, deberemos hallar el área superficial del total de la pieza. Para ello calculamos primero el área de la base:

$$A_B = \pi(R^2 - r^2) = 96\pi \text{ mm}^2$$

Después sumaremos el área que describen las superficie exterior e interior:

$$A_R = 2\pi R h = 350 \text{ mm}^2$$

$$A_r = 2\pi r h = 250 \text{ mm}^2$$

Sumando todas las superficies:

$$2 \cdot A_B + A_R + A_r = 792\pi \text{ mm}^2$$

Mediante el cálculo del volumen y la densidad podremos calcular el peso unitario por pieza y el número necesario hasta sobrepasar los 60 kg.

$$V = \pi(R^2 - r^2)h = 1200\pi \text{ mm}^3$$

$$\text{Densidad del acero} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso unitario por pieza} = 0,0296 \text{ kg} \rightarrow \frac{60}{0,0296} \approx 2029 \text{ piezas}$$

Por lo que el área catódica total será de 504,84 dm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Piezas tratadas

Para almacenar las piezas tratadas tendremos en cuenta que el cliente requiere que las piezas se asemejen a sus criterios. Por lo que deberá evitarse cualquier tipo de daño y su correcto almacenamiento libre de humedades para evitar corrosiones indeseadas debido a un tiempo prolongado de exposición. Una ventilación natural de la zona de almacenamiento ayuda a evitar estos problemas.

Para evitar caídas, o problemas de aparición de óxido se determina que el tiempo de almacenaje sea corto, por lo que el stock de piezas terminadas será pequeño y se intentará que haya un flujo continuo de salida de las piezas terminadas hacia el cliente.

También se recomienda tener unos patrones de aceptación para que el proveedor se comprometa a recoger los productos que no se han utilizado.

#### 4.1.3 Materias primas

Para llevar a cabo el proceso de electrolisis para el tratamiento de superficies utilizaremos una gran variedad de productos químicos. Debemos disponer de un almacén desinado almacenamiento seguro de dichas sustancias y sometido a la legislación sectorial, y zonas de almacenaje en la línea de producción, en la que debemos tener los productos que se deberán suministrar en cantidades pequeñas y continuamente.

Las zonas de almacenamiento estarán restringidas del resto del taller, correctamente señaladas y protegidas del exterior. Deberá disponer de un sistema de recogida de derrames y una solera de hormigón hidrófugo.

Las sustancias o preparados deberán ir correctamente identificados, con la correspondiente indicación de los peligros y su composición o información sobre los componentes. Se deberán separar los productos ácidos y alcalinos, separar productos inflamables de agentes oxidantes o evitar la generación de cianhídrico separando los ácidos de los cianuros. Y deberán ser examinados tras su colocación para ver que cumplen con las exigencias.

##### 4.1.3.1 Gestión de stock

Se tiene que tener total control sobre el stock de primas para evitar la compra de elementos totalmente innecesarios, y así evitar tener excesos que

producen gastos no necesarios de almacenaje y que pueden ocasionar la rotura del stock planteado. En el caso de productos no necesarios pueden producir residuos en el caso deterioro o caducidad.

Se recomienda usar el sistema de gestión FIFO (First In, First Out) para producir una rotación de los productos con la llegada de nuevos, estandarizar lo máximo posibles productos químicos para minimizar el espacio dedicado a sustancias peligrosas y utilizar envases que tengan las dimensiones correctas para las características del producto.

#### 4.1.3.2 Manipulación

Con el fin de minimizar el riesgo de derrames, fugas y contaminación de los materiales, se deberá tener un plan para mejorar las operaciones de manipulación de materiales.

Se debe tener un procedimiento para las operaciones de carga y descarga, trasvase y adición de los productos con un responsable de cada una de las operaciones. Dichas operaciones deberán estar bien señalizadas, con buena iluminación y libres de obstáculos.

Las zonas destinadas para el trasvase de sustancias químicas tendrán métodos de contención en caso de derrames de productos. Se deberá tomar todas las precauciones posibles para evitar la producción de vapores, derrames o vertidos de productos que están en sus correspondientes envases.

#### 4.1.4 **Materiales de desecho**

Será importante la clasificación de los residuos generados para minimizar el impacto ambiental. Los residuos deberán estar gestionados de una forma correcta para disminuir el riesgo de contaminación accidental, para ello la gestión interna dentro de la empresa debe ser eficiente.

El etiquetado de los envases debe ser legible de forma clara y de forma indeleble. La etiqueta debe estar identificada según el Real Decreto 952/1997 y mediante el uso del código CER. Deberá estar anotados los datos de la empresa, las fechas importantes de envasado, los riesgos para la naturaleza que tienen los residuos y los riesgos específicos y consejos de prudencia.

El Real Decreto dictamina que los productos no pueden estar almacenados más de 6 meses si nos somos el gestor autorizado, se estimará

la correcta frecuencia de recogida en función del espacio de almacenaje dispuesto y en función de la cantidad de residuos generados.

También dictamina la obligatoriedad de cumplimentar periódicamente el Libro de Registro de Residuos Peligrosos con el formato correspondiente, el cual se adjunta a modo de ejemplo:

<b>REGISTRO DE PRODUCTOR DE RESIDUOS PELIGROSOS</b>										
(Artículo 21.1.c – Ley 10/98 – “B.O.E.” del 22/4/98 y artículos 16 y 17 – R.D. 833/88 – “B.O.E.” del 30/7/88 modificado por R.D. 952/97 – “B.O.E.” del 5/7/97)										
Naturaleza	Código de identificación		Cantidad	Proceso de origen	Tratamiento		Fecha de generación	Fecha de cesión	Fecha de recogida	Método de Transporte
	Código Anejo I	Código C.E.R.			Gestor	Método				

\*Los códigos C.E.R tienen su equivalencia y actualizada en códigos L.E.R

La empresa tiene que contratar a los gestores autorizados de las comunidades donde se encuentren y los transportistas de la empresa gestora deberán estar también autorizados. Antes de la entrega se tiene que rellenar el “Documento de Control y Seguimiento” el cual es obligatorio conservar durante 5 años.

## 4.2 Preparación previa de las piezas

En cualquier recubrimiento electroquímico, antes de poder recubrir la superficie de la pieza se realiza un tratamiento previo de la superficie. Este tratamiento debe realizarse para eliminar restos de grasas, aceites, taladrinas y diversas sustancias, así como restos de corrosión o calaminas.

En nuestro caso estos restos provendrán generalmente de los procesos previos como el mecanizado como pueden ser rastros de su manipulación, taladrinas o de aceites para su conservación contra el óxido. Será necesaria una limpieza exhaustiva para evitar problemas de adherencia en las etapas posteriores.

Actualmente en el mercado disponemos de distintos tipos de tratamientos, que se clasifican como mecánicos o químicos. Las piezas a tratar suministradas por el cliente no pueden ser alteradas en su forma, por lo que no podremos usar tratamientos mecánicos, debido a que estos consisten en el pulido de la superficie mediante múltiples materiales abrasivos.



Por lo que nuestros tratamientos previos serán únicamente químicos para atacar lo menos posible la superficie a recubrir. Se opta por un desengrase químico con detergentes para eliminar la mayor parte de grasas, y por un desengrase electroquímico para conseguir el desprendimiento de óxidos metálicos de la superficie.

#### 4.2.1 Pre-desengrase químico con detergentes

Un desengrase alcalino mezcla sales alcalinas como hidróxido de sodio, metasilicato, ortosilicato o trisilicato de sodio, carbonato de sodio, tetraborato de sodio, fosfato trisódico, pirofosfato tetrasódico o polifosfatos de sodio, junto con productos coloidales como jabones y agentes tensoactivos. Estos detergentes alcalinos desplazan y suspenden, los emulsifican en la solución o reaccionan con los aceites formando jabones solubles.

Este proceso se usará para eliminar principalmente aceites derivados del mecanizado o de la conservación antioxidante, y para eliminar el polvo adherido a la superficie. También es un buen tratamiento debido a que los detergentes alcalinos no atacan fuertemente a la superficie de materiales ferrosos.

En nuestra aplicaremos este tratamiento como un baño previo al desengrasante electrolítico, por lo que aplicaremos un baño desengrasante mediante un detergente por emulsión para como ya se ha comentado retirar la mayor parte de grasas.

##### Composición del baño

Producto	Concentración
Sosa cáustica (NaOH)	30-45 g/l
Carbonato sódico (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	25 g/l
Fosfato trisódico (Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> · 23 H <sub>2</sub> O)	5-7 g/l
Alquil-aril-sulfonato (Agente humectante)	0,75-1,5 g/l

##### Condiciones de trabajo recomendadas

Temperatura	70-80°C
Tiempo	1 - 3 minutos

#### 4.2.2 Desengrase electrolítico

Técnica que consiste en aplicar una corriente eléctrica, sumergidas en una solución alcalina, estando las piezas actuando como cátodos. Las grasas saponificables son atacadas y saponificadas por la acción de la solución alcalina, y el hidrógeno originado en la electrólisis sobre el cátodo favorece el desprendimiento de las grasas restantes de la pieza. Con este sistema, también conseguiremos que se desprendan los óxidos metálicos por su reducción a través del hidrógeno.

Tiene como principal desventaja que la superficie puede resultar galvanoplastiada, debido a que cualquier metal cargado positivamente resulta atraído y se reduce depositándose sobre la superficie de la pieza. Esta película puede ocasionar una mala adherencia, rugosidad o el manchado de los metales electrodepositados. Por lo que se deberá tratar posteriormente con baño activador para evitar posibles problemas.

Tabla de bases químicas recomendadas para ser utilizada en el proceso.

Desengrasante	Composición y Condiciones de trabajo	
	Productos	Concentración
Solución alcalina	Sosa cáustica	50-60 g/l
	Fosfato trisódico 12·H <sub>2</sub> O	10-20 g/l
	Metasilicato sódico	20-30 g/l
	Pirofosfato sódico	5-15 g/l
	Gluconato sódico	10-30 g/l
	pH	12-14
	Temperatura	80°C
	Densidad de corriente	5-10 Amp/dm <sup>2</sup>
	Tensión	5-7 V

#### Ánodos

Los ánodos deberán ser de acero inoxidable, con la misma superficie que el cátodo e insolubles.

#### 4.2.3 Activado-decapado ácido

En este proceso termina de eliminar los óxidos metálicos de la superficie a recubrir mediante una solución ácida, mientras conseguimos activar la

superficie. Esto quiere decir que la preparamos para que los baños posteriores tengan un mejor rendimiento.

A continuación, se muestran las principales soluciones para llevar a cabo este proceso:

Decapante	Composición y Condiciones de trabajo
<b>Ácido sulfúrico</b>	Concentración: 25% Temperatura: 60°C
<b>Ácido clorhídrico</b>	Concentración: 18-22% Temperatura: 30-35°C
<b>Ácido fluorhídrico</b>	Concentración: 20-25% Temperatura: 35-40°C
<b>Ácido nítrico</b>	Concentración: 10% Temperatura: 68-79°C

Cada tipo de baño supone unas ventajas y unas desventajas, en el caso del ácido sulfúrico nos ayudan a la reducción del tiempo de aplicación, pero para ello debemos aumentar la temperatura respecto otros baños y también deberemos aumentar la concentración del baño, con la repercusión económica que tiene. Pero también nos permitirá controlar el grado de ataque sobre la superficie de la pieza regulando la temperatura del baño.

Como se exponía en la tabla anterior podremos usar el ácido clorhídrico, pero deberemos controlar exhaustivamente la temperatura debido a que si supera la temperatura máxima recomendada aumenta de manera significativa la emisión de vapores y provoca una abrasión muy fuerte sobre la superficie de la pieza hasta el punto de disolverla.

El ácido fluorhídrico, será uno de los principales decapantes a descartar debido a que su principal aplicación es tratar superficies de hierro fundido y en nuestro caso las piezas serán principalmente de acero, aparte de generar grandes problemas a la hora de su manejo por su alta corrosividad.

Otra posibilidad que se viene investigando, es que la utilización de los ácidos mezclados, producen activadores especiales para determinados metales que utilizan el bifloruro amónico ( $F_2H_2NH_4$ ) como sustancia de activación.

Visto estas posibilidades los más usados son el Ácido Sulfúrico y el Ácido Clorhídrico, cabe destacar que el caso de este último puede hacer falta un sistema de refrigeración para un mayor control de temperatura.

Después del activado, en la superficie del baño se producen productos químicos que se generan por la acción de los ácidos sobre los óxidos. Estos

baños se deberán tratar para su neutralización y posterior lavado con agua de red.

Aspecto Ambiental	Identificación
Aguas residuales	Óxidos de metales, Aniones: sulfatos y/o cloruros y fluoruros. pH ácido
Residuos producidos	Baños agotados y contaminados por óxidos de metales
Emisiones a la atmósfera	Vapores ácidos

### 4.3 Tratamientos electrolíticos aplicados

La finalidad de la línea es recubrir las piezas de acero mecanizado de plata. El principal uso de las piezas será para su uso continuado a altas temperaturas, debido a que serán piezas destinadas a rodamientos de motores de alto rendimiento.

Para cumplir con los estándares de calidad estipulados, mediante la norma UNE-EN ISO 4521, nos estipula los distintos baños recomendados para el mejor acabado posible.

La norma nos indica que, para un recubrimiento de plata sobre un material férreo, diferente al acero inoxidable austenítico, se deberá aplicar unas subcapas de cobre y níquel de un espesor mínimo de 10 y 5 micras respectivamente. Esto también será un requerimiento para que las piezas puedan usarse sin problemas de desprendimiento a una temperatura superior de 150 ° C.

La norma UNE-EN ISO 1456 también nos indica, que para espesores iguales o mayores de 10 µm, deberemos usar dos baños previos de cobre. La capa inicial de cobre será a partir de un baño de cianuro de cobre, aunque hay posibilidades de utilizar disoluciones de cobre alcalino libre de cianuro

#### 4.3.1 Baño de cobre cianurado

Para del cobre cianurado, los baños tendrán que estar en temperaturas poco superiores a la ambiental para evitar cementaciones espontaneas del cobre o una adhesión pobre sobre el metal. También se usa ese tipo de baños como etapa previa al baño ácido, debido a que no todos los materiales pueden ser cobreados en base ácida, como sucede en el caso del acero.

Por ello, y como también dicta la norma UNE-EN ISO 1456, se deberá aplicar un baño de cobre cianurado con el fin de prevenir la deposición por inmersión y una escasa adherencia.

### Composición del baño

Como tenemos como material base acero requerimos por tanto un baño de elevado poder de penetración y recubrimiento, que opere adecuadamente en procesos de movimiento catódico en tambor y forme una subcapa antes de próximos baños. Este tipo de baños se usa para obtener un espesor recomendado de 6-8  $\mu\text{m}$  se componen de:

Producto	Concentración
Cianuro de cobre	25-50 g/l
Cianuro de potasio	50-100 g/l
Hidróxido potásico	7,5-15 g/l

Para obtener mejores resultados siempre se podrán usar diferentes aditivos para conseguir unos mejores acabados. Los aditivos que se podrán considerar para este tipo de baño serán:

- Abrillantadores, uno primario para evitar la aparición de quemaduras y conseguir un mejor brillo general y otro secundario que proporciona un mejor brillo en zona de baja densidad de corriente.
- Agentes tensoactivos para la formación y mejora de la tensión superficial entre el metal base y el electrolito
- Agentes humectantes con poder detergentes en caso de detectar la aparición de restos orgánicos no eliminados con los baños previos.

### Condiciones de trabajo recomendadas

Temperatura	30-65°C
Densidad de corriente	1-1.5 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	8-14 V
Rendimiento de la corriente	85-95%
pH	10-12,6
Valencia del cobre	1
Peso Atómico	63,5 g/mol
Densidad del Cobre	8,93 (Kg/dm <sup>3</sup> )

Se empleará una temperatura de electrolítico comprendida entre los 60-65 °C, para que el hidrogeno al ser menos electropositivo disminuya la polarización en el cátodo resultando los depósitos de cobre más pobres en hidrogeno y por tanto más dúctiles.

El espesor requerido para este tipo de baño se comprende entre 5-10 µm, por ello se establece un espesor de 8 µm para cumplir con los requisitos de la composición del baño.

### Ánodos

El tipo de ánodo a usar será de cobre electrolítico despolarizado y libre de oxígeno. La norma determina que la relación de superficies ánodo/cátodo deberá ser siempre en la misma proporción o mayor.

Los ánodos como lo será en el resto de casos deberán de ir protegidos en una bolsa anódica de polipropileno para evitar la contaminación de todo el baño por lodos desprendidos del ánodo, debido a impurezas de este.

### Medio ambiente

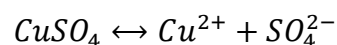
Posibles aspectos ambientales debidos directamente del proceso:

Aspecto ambiental	Identificación
<b>Aguas residuales</b>	Metales pesados (cobre) Aniones: cianuros, carbonatos, pH alcalino
<b>Residuos</b>	Lodos de filtración procedentes del baño
<b>Emisiones a la atmosfera</b>	Emisiones alcalinas

Como posibles vertidos contaminantes indirectos, destacan los enjuagues posteriores a este baño que contendrán cianuros. Para su vertido se tendrá en cuenta la normativa vigente dictada por la Junta de Castilla y León.

#### **4.3.2 Baño de cobre ácido**

Este tipo de baños es comúnmente utilizado como etapa previa al níquel, y por su capacidad de trabajar de forma estable en tratamientos de tambor. Este baño nos aportará unas buenas características de brillo y ductilidad al depósito, y la capacidad de homogeneizar el espesor.



Los iones de cobre emigran al cátodo, pasando de electrones a forma de átomos neutros los cuales se depositan. En el ánodo los iones  $\text{SO}_4$  se asocian con los iones de cobre formados, que con la pérdida de electrones son obligados a ser cargados positivamente.

Como ya hemos nombrado antes UNE-EN ISO 4521 nos exige una subcapa de níquel, y a su vez una subcapa de cobre de un espesor de  $10 \mu\text{m}$ , y en caso de piezas muy complejas hasta espesores totales de  $15 \mu\text{m}$ . Por lo que deberemos aplicar un espesor comprendido entre  $3-7 \mu\text{m}$ .

### Composición del baño

Se requiere un baño de cobre ácido capaz de trabajar de forma estable en tratamientos en tambor. Además, deberá volver a aportar unas características de brillo y ductilidad al depósito. Los componentes esenciales serán el sulfato de cobre y ácido sulfúrico. El ácido servirá para reducir la resistividad, aumentar la corrosión del ánodo y evitar la precipitación de sales básicas del cobre, mientras que los iones de cobre metal provendrán de la sal. Por tanto, su composición será:

Producto	Concentración
Sulfato de cobre	180-250 g/l
Ácido sulfúrico	60-90 g/l
Cloruros (* Ion cloruro)	60-120 g/l

(\*) La adición necesaria del anión inorgánico del cloruro se hace necesaria debido a que el ánodo tiende a acumular una película oscura sobre su superficie por la acción del ácido sulfúrico rebajando el rendimiento en el ánodo.

### Condiciones de trabajo recomendadas

Temperatura	25-30°C
Densidad de corriente	2-10 A/dm <sup>2</sup>
Tensión	10-12 V
Rendimiento de la corriente	85-95%
Valencia del cobre	2
Peso Atómico	63,5 g/mol
Densidad del Cobre	8,93 (Kg/dm <sup>3</sup> )

Se empleará una temperatura de electrolítico comprendida entre los 60-65 °C, para que el hidrogeno al ser menos electropositivo disminuya la polarización en el cátodo resultando los depósitos de cobre más pobres en hidrogeno y por tanto más dúctiles.

También se requiere bajas concentraciones de ácido y de densidad de corriente para el deposito sea blando, algo que requiere al ser una base para el níquel.

### Ánodos

Los ánodos serán de cobre fosforo laminado o electrolítico. El contenido de fosforo deberá ser mayor de 0,1 % para no tener pérdidas de brillo provocados por lodos. Como protección adicional volverá a ser obligatorio el uso de bolsas anódicas de polipropileno.

La norma determina que la relación de superficies ánodo/cátodo deberá ser aproximadamente la misma.

### Medio ambiente

Posibles aspectos ambientales debidos directamente del proceso:

Aspecto ambiental	Identificación
<b>Aguas residuales</b>	Metales pesados (cobre) Aniones: sulfatos
<b>Residuos</b>	Lodos de filtración procedentes del baño
<b>Emisiones a la atmosfera</b>	No significativas

Como posibles vertidos contaminantes indirectos, destacan los enjuagues posteriores a este baño que contendrán ácidos que deberán ser neutralizados. Para su vertido después del tratamiento requerido se tendrá en cuenta la normativa vigente dictada por la Junta de Castilla y León.

#### **4.3.3 Baño de níquel**

Este es un baño se utiliza en una gran mayoría de acabados anticorrosivos y decorativos como una subcapa al acabado final ya que favorece la resistencia a la corrosión y la posterior electrodeposición del metal



que ofrecerá el acabado final. El níquelado se usa como subcapa principalmente para acabados finales de cromo, latón, dorado, estañado y como en nuestro caso la plata.

Entre sus capacidades destacan principalmente la resistencia a la acción del ácido clorhídrico, sulfúrico y fluorhídrico en ausencia de agentes oxidante. Y, la resistencia al vapor de agua de hasta 425 °C, al nitrógeno y al hidrógeno.

### Composición del baño

Uno de los baños más usados en la actualidad, junto el níquel Wood, es el níquel Watts cuya composición es:

Producto	Concentración
Sulfato de níquel 7·H <sub>2</sub> O	90-375 g/l
Cloruro de níquel 6·H <sub>2</sub> O	100-200 g/l
Ácido bórico	30-45 g/l

Usaremos al sulfato de níquel como fuente principal de iones de níquel, junto con el cloruro de níquel. El cloruro de níquel tiene dos funciones principales, incrementa notablemente la conductividad de la solución reduciendo los requisitos de voltaje y es importante para obtener una disolución satisfactoria de los ánodos de níquel.

El ácido bórico es un regulador y tiene la función principal de controlar el pH de la solución. Como el rendimiento en el cátodo será previsiblemente menor al 100%, existirá la tendencia a que el pH aumente a medida que se descargan iones de hidrógeno para liberar gas de hidrógeno. Por tanto, se requieren adiciones regulares de ácido sulfúrico para ajustar el pH resultante de la descarga de iones hidrógeno. El ácido bórico limita el efecto sobre el pH resultante de la descarga de iones hidrógeno, simplificando así el control del pH.

El baño níquel Watts suele operar sin aditivos, pero en el algún caso se adicionan agentes humectantes para reducir la generación de burbujas de aire en la superficie. También puede ser recomendable el uso de aditivos o introducir soluciones de sulfamato de níquel para evitar la aparición de esfuerzos a tracción, estos esfuerzos suelen aparecer bajo las condiciones de trabajo más típicas con unos valores comprendidos entre 125 y 185 MPa.

Es más común en este tipo de baño encontrar aditivos orgánicos que modifiquen la estructura del níquel y, por lo tanto, conseguir diferentes apariencias finales. También en depósitos de níquel que van a ser sometidos a esfuerzos a tracción puede añadirse aditivos orgánicos que contienen sulfuro, tales como sacarina o compuestos que también tienen como finalidad conseguir níquel brillante.

Para nuestras preferencias de conseguir un acabado brillante y uniforme uno de los compuestos más empleados se basa en el sulfonato de sodio, 2-buten-1,4-diol y sulfobetaínas. Los metales como el zinc, el cobalto y el cadmio también actúan como abrillantadores auxiliares, pero ya no son de uso común ahora.

#### Condiciones de trabajo recomendadas

<b>Temperatura</b>	50-65°C
<b>Densidad de corriente</b>	1-8 A/dm <sup>2</sup>
<b>Tensión</b>	8-12 Voltios
<b>Rendimiento de la corriente</b>	95%-100%
<b>pH</b>	3,5-5
<b>Valencia del níquel</b>	2
<b>Peso Atómico</b>	58.71 g/mol
<b>Densidad del níquel</b>	8,908 (Kg/dm <sup>3</sup> )

#### Ánodos

Se usarán ánodos de níquel electrolítico de alto grado de pureza (99,95%). También contendrá una cantidad de azufre para bajar el potencial anódico y así tener un grado de activado.

Estos ánodos tienen la característica de que disminuye su área con el uso desde la zona inferior a la superior de forma muy notable. Esto provoca una distribución de corriente variable en el cátodo a tener en cuenta. Debido a que las piezas trabajarán de diferente forma dependiendo de su posición, creándose depósitos de menor espesor en las piezas que se encuentren en la parte baja del bombo.

Además, cuando el ánodo se ha reducido en forma de lanza, la polarización del ánodo en la punta puede conducir a una eficiencia de ánodo baja y consecuentemente un consumo mayor de las sales de níquel y aditivos. Por ello, en ocasiones se puede buscar alternativas como ánodos en forma de

bolas contenidas en cestas anódicas. Como protección adicional volverá a ser obligatorio el uso de bolsas anódicas de polipropileno.

### Medio ambiente

Posibles aspectos ambientales debidos directamente del proceso:

Aspecto ambiental	Identificación
<b>Aguas residuales</b>	Metales pesados (níquel, zinc, hierro, cobalto, etc) y pH ácido. Aniones: sulfatos, cloruros, boro
<b>Residuos</b>	Lodos de filtración procedentes del baño
<b>Emisiones a la atmosfera</b>	Emisiones ácidas

Como posibles vertidos contaminantes indirectos, destacan los enjuagues posteriores a este baño que contendrán ácidos. Para su vertido se tendrá en cuenta la normativa vigente dictada por la Junta de Castilla y León.

#### **4.3.4 Baño de plata**

Después del baño obligatorio de níquel, las piezas requieren un baño que permita obtener depósitos de plata brillante especular de cualquier espesor. Para ello se intentará mantener los baños cianurados en la menor concentración posible debido a que la aplicación de este recubrimiento podrá tener la posibilidad de servir en un futuro para objetos de decoración como para su principal finalidad industrial.

### Composición del baño

Producto	Concentración
<b>Plata metal (Cianuro doble de plata y potasio)</b>	30-65 g/l
<b>Cianuro potásico libre</b>	100-160 g/l
<b>Carbonato de potasio</b>	15-20 g/l

Condiciones de trabajo recomendadas

<b>Temperatura</b>	28-30°C
<b>Densidad de corriente</b>	1 A/dm <sup>2</sup>
<b>Tensión</b>	4-6 V
<b>Rendimiento de la corriente</b>	95%-100%
<b>Valencia de la plata</b>	2
<b>Peso Atómico</b>	107,87 g/mol
<b>Densidad de la plata</b>	10,49 (Kg/dm <sup>3</sup> )

Ánodos

Se usarán ánodos de elevada pureza (99,9%) con una relación de superficie ánodo/cátodo igual o mayor. Como protección adicional volverá a ser obligatorio el uso de bolsas anódicas de polipropileno.

Medio ambiente

Posibles aspectos ambientales debidos directamente del proceso:

Aspecto ambiental	Identificación
<b>Aguas residuales</b>	Metales pesados (plata) Aniones: cianuros, carbonatos
<b>Residuos</b>	Lodos de filtración procedentes del baño
<b>Emisiones a la atmosfera</b>	No hay emisiones

Como posibles vertidos contaminantes indirectos, destacan los enjuagues posteriores a este baño que contendrán cianuros y carbonatos. Para su vertido se tendrá en cuenta la normativa vigente dictada por la Junta de Castilla y León.

**4.3.5 Baño de preplateado**

La aplicación de un baño de preplateado sirve para preparar las superficies de las piezas para el baño posterior de plateado electrolítico bajo las mejores condiciones óptimas de adherencia. Estas soluciones se basan en

cianuro doble de plata y potasio a menor concentración de plata metal que en el baño de plata.

El baño trabajará en las mismas condiciones que el baño de plata, aunque durante un tiempo menor debido a que los espesores que obtendremos que serán de 0,1  $\mu\text{m}$ .

#### Composición del baño

Producto	Concentración
Cianuro doble de plata y potasio	6-13 g/l
Cianuro potásico libre	100-160 g/l
Carbonato de potasio	15-20 g/l

#### Ánodos

Se usarán ánodos de acero inoxidable con una relación de superficie ánodo/cátodo lo más igualada posible. Como propiedad más característica será que no deben de ser ánodos solubles.

### 4.4 Tratamientos posteriores

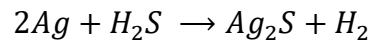
En este apartado se detalla el último tratamiento superficial que se realizará a la pieza, para así aumentar algunas de sus características o determinadas propiedades mecánicas necesarias.

En algunas ocasiones el cliente puede requerir de un pulido superficial, mecánico de algunas zonas o en otros casos tratamientos superficiales para mejorar su brillo, resistencia a la oxidación, etc. En nuestro caso estudiaremos diversos procesos para evitar el deslustre de la plata.

#### 4.4.1 Tratamiento antideslustre de la plata

La plata, al contrario de otros metales, no se oxida, pero si reacciona negativamente frente a otros compuestos como son el ácido sulfhídrico, proceso que se agrava en contacto de altas temperaturas. Nuestras piezas

requieren que sean usadas en motores donde se producirán combustiones de derivados del petróleo, donde se producirán entre otro sulfuro de hidrógeno.



Al reaccionar la plata con el azufre se produzca un picado amarillento en la superficie que irá avanzando hasta oscurecer por completo, deteriorando su superficie haciéndola áspera y perdiendo el gran rendimiento tribológico que posee, al perder capacidad de lubricación superficial. Pero la necesidad de aceites lubricantes que bañen el conjunto del rodamiento hace de tratamiento antideslustre. Como cabe la posibilidad de tener un cambio en las piezas a recubrir, se proponen diversos métodos de protección.

En la actualidad existen diversos tratamientos por inmersión para retrasar la aparición de este defecto, la mayoría de origen comercial cuya formulación no se conoce están basados en lacas transparentes o acrílicas de gran uso en la joyería o como tratamientos antideslustres y para evitar cortocircuitos en placas electrónicas debido a humedad superficial.

Los requisitos previos de todos estos procesos obligan a lavar las piezas con agua desionizada y desmineralizada para evitar que las sales disueltas en las piezas queden en la superficie al evaporarse el agua. Esto es un requisito para evitar cualquier ácido o sulfurado en la superficie que pueda acelerar el deslustre de la plata antes de su tratamiento.

Los tratamientos comerciales acostumbran a derivar los siguientes:

#### Protección orgánica

- Uno de los métodos disponibles es el uso de lacas con el que se formará una capa monomolecular que protegerá la pieza, pero presenta problemas de apariencia superficial en el producto. Las lacas orgánicas tienden a degradarse con el tiempo y altera el color y las características superficiales. Esta película se vuelve amarilla y finalmente puede desaparecer con el tiempo. Este tratamiento tiene como limitante la temperatura para endurecer la capa, si la temperatura de trabajo es muy alta, las moléculas orgánicas tienden a desintegrarse.
- Otro método es el uso de aceites o ceras solubles en percloroetileno, un conocido solvente de limpieza en seco. Los objetos a cubrir se sumergen en la solución y se eliminan sucesivamente. Después de que el percloroetileno se evapora, el revestimiento protector permanece en la superficie y protege al objeto de empañar. Mediante un simple enjuague con agua o jabón, estas películas de aceite pueden eliminarse por completo. Este método es adecuado para proteger los detalles en el almacenamiento. Sin embargo, debido al bajo espesor de la película, se debe evitar cualquier manipulación de los objetos tratados.

### Protección inorgánica

- Mediante un proceso electrolítico de deposición de una fracción de cromo sobre la plata. Con este proceso habrá una decoloración del acabado casi inapreciable con una protección muy buena. Este proceso es usado en electrónica y se imposibilita su uso para la joyería o alimentación debido a su toxicidad, pero se descarta debido a una alteración de la superficie, por lo tanto, una pérdida de las propiedades de la plata en el campo de la tribología. La composición del baño consiste en lo siguiente:
  - Dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) 20 g/L
  - Hidróxido de potasio (KOH) 20 g/L
  - Carbonato de potasio ( $K_2CO_3$ )
  
- Otro proceso sería el galvanizado electrolítico mediante rodio. Se consigue un revestimiento muy eficaz contra el deslustre, pero no es usado de forma común debido al alto coste productivo.
  
- Procesos que implican el uso de un óxido por pulverización catódica, como puede ser recubrimientos de sílice o alúmina.
  
- El uso del estaño debido a su similitud con la plata en cuanto a tonalidad y color. Existen tres métodos usados habitualmente:
  - Revenido de estaño: Los objetos a proteger se sumergen en un baño que contiene 9 a 23% de solución de un fluoruro metálico (de un metal menos noble que la plata, tal como Cr, Pb, Ni, Co, Cd, In, Zn o Sn). Después de que aparezca una película visible, usualmente en aproximadamente 5 segundos, las partes se retiran de la solución
  - Desengrasado – Estañado: Las piezas a revestir se sumergen en un baño de hidróxido alcalino que contiene 0,5 a 10% de un compuesto de estaño orgánico o inorgánico bivalente. Los sustratos se cubren con una capa muy adherente que protege contra el ataque por sulfuro de hidrógeno.
  - Deposito electrolítico de estaño: Los recubrimientos de estaño electrolítico se usan en una variedad de aleaciones de plata que contienen Cd, Zn, Al y Ag. Este método se usa principalmente para aplicaciones no decorativas porque la apariencia de la superficie después de estañado difiere de la de plata pura.
  
- El uso de depósitos de aleaciones de plata que puede estar basados en el uso de la plata junto con el hierro, estaño y el platino.

## 4.5 Etapas de lavado

Las etapas de lavado son imprescindibles durante todo el proceso para eliminar posibles restos de las soluciones electrolíticas en las que han estado bañadas las piezas para evitar que residuos se sequen, endurezcan en forma de costras y dar lugar a manchas y corrosiones en el futuro.

También pueden dar problemas de adherencia y contaminación de baños posteriores, teniendo un mayor gasto para mantener en buenas condiciones operativas los baños.

Los detergentes arrastrados también pueden provocar alteraciones y descomposiciones en los baños empleados para tratamientos subsiguientes llegando hasta dejarlo inutilizable. Por lo que se deberá alternar una cuba de enjuague después de cada tratamiento para evitar posibles contaminaciones y así no afectar a la calidad del acabado y el funcionamiento óptimo de la línea.

La temperatura del agua de lavado podrá mantenerse a temperatura ambiente, aunque podrá ser necesario realizarse con agua caliente cuando necesitemos que el calor acumulado en las piezas contribuya a su posterior evaporación y secado, para además poder contribuir a eliminar los restos de productos alojados en los poros y cavidades superficiales.

Nunca podrá realizarse un lavado con una temperatura inferior a los 10 °C, temperatura alcanzable en determinadas estaciones en ausencia de calefacción, para evitar que puedan fijarse las suciedades emulsionadas o saponificadas en la superficie de las piezas.

### 4.5.1 Calidad de lavado

Para el criterio de las etapas de lavado, hay que tener en cuenta el coste del agua, los cánones impuestos para su posterior vertido y el coste de los productos químicos para tratar el agua antes de poder realizar cualquier tipo de vertido a la red general.

Hay varios métodos para estimar la calidad de lavado. El primero viene definido por el cociente entre la concentración de los diferentes baños y tiene un modo de actuar. Consiste en sumergir el tambor procedente de un baño en una cuba de enjuague 5 segundos, recuperando y analizando el arrastre procedente tras el enjuague, se deberá repetir unas 3 veces aumentando el tiempo equitativamente.

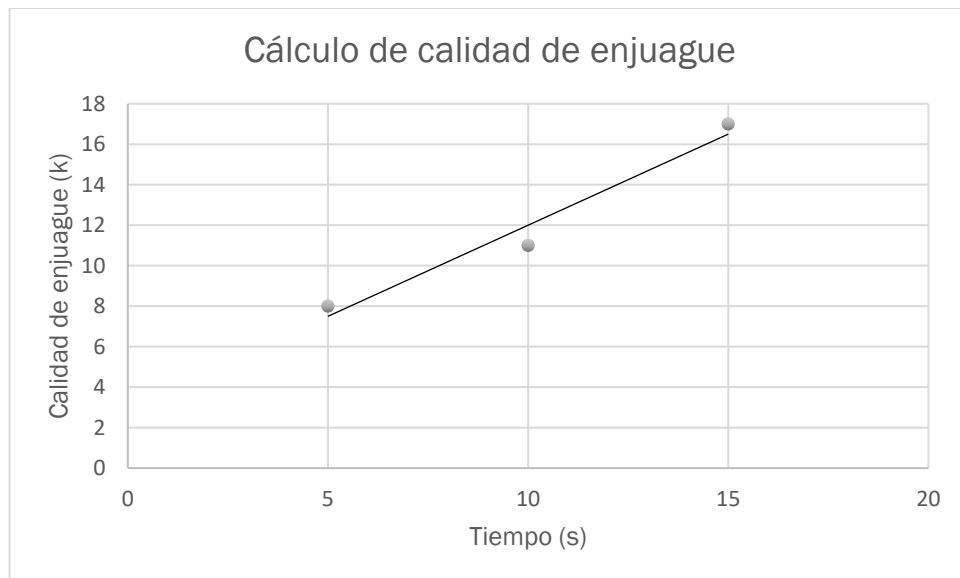


$$k = \frac{(C_o - C_r) \cdot q}{(C_r - C_t) \cdot t}$$

Dónde:

- k= Calidad de enjuague en el líquido que se arrastra con las piezas
- q= Arrastre
- C<sub>o</sub>=Concentración inicial del electrolito en el baño
- C<sub>r</sub>= Concentración del arrastre. Que se obtendrá mediante un análisis químico
- C<sub>t</sub>= Concentración inicial del parámetro en el agua de lavado

Con los datos obtenidos, se elabora un gráfico y mediante regresión lineal deberemos cortar el eje de las ordenas. De esta forma tendremos el valor k en el instante inicial y podremos calcular la calidad de enjuague necesaria en el volumen de líquido que se arrastra.



Otro método consiste en ajustar el caudal de entrada a la cuba de enjuague para ajustar los arrastres a las concentraciones máximas admisibles para considerar como óptima la calidad de lavado.

$$C_L = \frac{C_o}{C_r}$$

Dónde:

- C<sub>L</sub>= Valor inverso al grado de dilución

El C<sub>L</sub> puede expresarse como un producto de todos los criterios de calidad de lavado parcial, en lavados múltiple de varias etapas.

$$C_L = C_{L1} \cdot C_{L2} \cdot [\dots] \cdot C_{Ln}$$

A partir de diferentes experiencias prácticas se establecieron diferentes rangos de eficacia de lavados en la siguiente tabla:

TIPO BAÑO	$C_0/C_r$
Desengrase	2000
Decapado	5000
Cobre cianurado	10000
Cobre ácido	2000-10000
Níquel	5000
Pasivado	5000
Plata cianurada	2000

#### 4.5.2 Técnicas de lavado

Actualmente se pretende conseguir la mayor eficiencia a los lavados, para ello se debe reutilizar el agua el mayor número de veces consiguiendo de este modo concentrar la carga contaminante en un volumen, lo que favorece la devolución y concentración de electrolito arrastrado en el lavado.

##### 4.5.2.1 Lavados simples

Este tipo de lavado se compone de una única etapa, se compone de una única cuba de lavado con agua corriente circulando de forma continua. Este tipo de lavado está actualmente casi en desuso debido a que es necesario un caudal de agua continuo para garantizar un lavado óptimo y por consiguiente un gran gasto de agua.

##### 4.5.2.2 Lavado múltiple en cascada

Es el sistema más recomendado en la actualidad. El sistema se compone de varias cubas, el agua limpia es introducida en la última cuba y el flujo de agua la distribuye hasta la primera. Es sistema funciona a contracorriente y de este modo las piezas se encuentran siempre con el agua más limpia. Esto hace que el caudal necesario para conseguir la calidad de enjuague necesaria baje notablemente.

Este lavado básicamente permite reducir el caudal de lado en función del nº de etapas para conseguir una eficiencia de lavado necesaria. Hay una expresión que nos permite relacionar el caudal de lavado con el número de

etapas de lavado, el volumen de solución arrastrada  $V$  y la calidad de lavado  $C_L$ :

$$Q = V \cdot (\sqrt[n]{C_L} - 1)$$

#### 4.5.2.3 Lavado estanco

Es usado como una etapa de prelavado para retener principalmente el arrastre procedente del baño de tratamiento y ayudar a conservar y ahorrar materias primas.

No tiene ningún tipo de alimentación continua de agua corriente, sino que sufre una renovación total cada cierto tiempo. El uso de este tipo de lavados para la recuperación nos permite reducir la contaminación del líquido arrastrado por las piezas y reduce las necesidades de agua de lavados posteriores.

Este tipo de lavados de recuperación están comúnmente situados a continuación de una solución de proceso que trabaje en caliente para reponer pérdidas por evaporación.

Tienen como principalmente desventaja que necesitan una dedicación alta por parte de los empleados para el recambio del agua y a la hora de reconducirlo a las cubas de tratamiento.

#### 4.5.2.4 Lavado químico

El enjuague químico es usado en zonas muy específicas que consiste en aprovechar el proceso de enjuague de la pieza y a la vez un tratamiento de descontaminación para evitar que los mayores contaminantes alteren la composición de los baños sucesivos o lleguen de forma directa a la zona de depuración de aguas.

En nuestra línea se pretende tratar los ácidos provenientes del baño de cobre ácido y los cianuros provenientes del baño de cobre cianurado y del baño de plata.

El baño químico debe ser analizado y controlado periódicamente para obtener la reacción deseada, el desecho pese a ser un tratamiento que reduce las emisiones de contaminantes debe ser tratado de forma correcta en una planta depuradora.

### 4.5.3 Condicionantes del dimensionado de la línea proyectada

Las condiciones vienen específicamente condicionadas por los diferentes procesos electroquímicos que se dispondrán en la línea.

#### 4.5.3.1 Número de etapas de lavado

El número de etapas de lavado es clave para conseguir un buen criterio de calidad de lavado junto con una alta eficiencia en el uso de agua.

Se determina que será necesario de un tanque estanco para la recuperación de arrastres, y un lavado en contracorriente para cada operación de recubrimiento u operaciones químicas, debido que se debe conseguir evitar totalmente cualquier tipo de arrastre con el mínimo consumo de agua.

Se plantea la necesidad de neutralizar la superficie en el caso de los baños más fuertes, como son los baños ácido y cianurados, en los cuales se instalará un lavado químico.

En resto de operaciones la necesidad de un ahorro de agua promueve la obligación de instalar baños a contracorriente y la reutilización del agua siempre que las características del baño posterior lo permitan.

#### 4.5.3.2 Bajo consumo de agua

El caudal de agua será un criterio básico para nuestra instalación debido a que continuo incremento del agua y debemos obtener una seguridad para una alta eficacia del posterior tratamiento de aguas, lo cual se consigue con un volumen bajo de trabajo.

#### 4.5.3.3 Calidad de lavado

La calidad de lavado en nuestra línea es determinada por el tipo de baño mediante los datos dispuesto en el apartado 4.5.1.

Para obtener los mejores resultados y para evitar problemas de subdimensionamiento de la instalación se tomará el valor máximo del rango especificado de calidades de lavado  $C_L$ .

#### 4.5.3.4 Posibilidades de devolución y ahorro de materia prima

Dado que se contemplan baños electroquímicos con materiales preciosos como la plata, se dispondrán en un lavado estanco para una mayor recuperación del baño electrolítico.

De nuevo, en los baños que trabajen a altas temperaturas, y con grandes posibilidades de evaporación, se dispondrán de cubas estancas como remplazo continuo.

Con estas medidas se intentará reducir la pérdida de electrolito arrastrado por las cubas, un consumo de agua elevado en los lavados de varias etapas y de un consumo alto de productos químicos.

#### 4.5.4 **Etapas de lavado definidas**

Para cumplir con las condiciones preestablecidas para nuestra línea, los enjuagues que se instalaran en nuestro caso se establecen que no hay posibilidad de uso de un lavado simple, debido a que requiere un gasto muy alto de agua para conseguir una calidad de lavado aceptable.

Como ya se explicó, en los enjuagues multietapa o en cascada tienen la ventaja de la reutilización del agua, por lo que se consigue un ahorro del agua necesaria para su correcta limpieza.

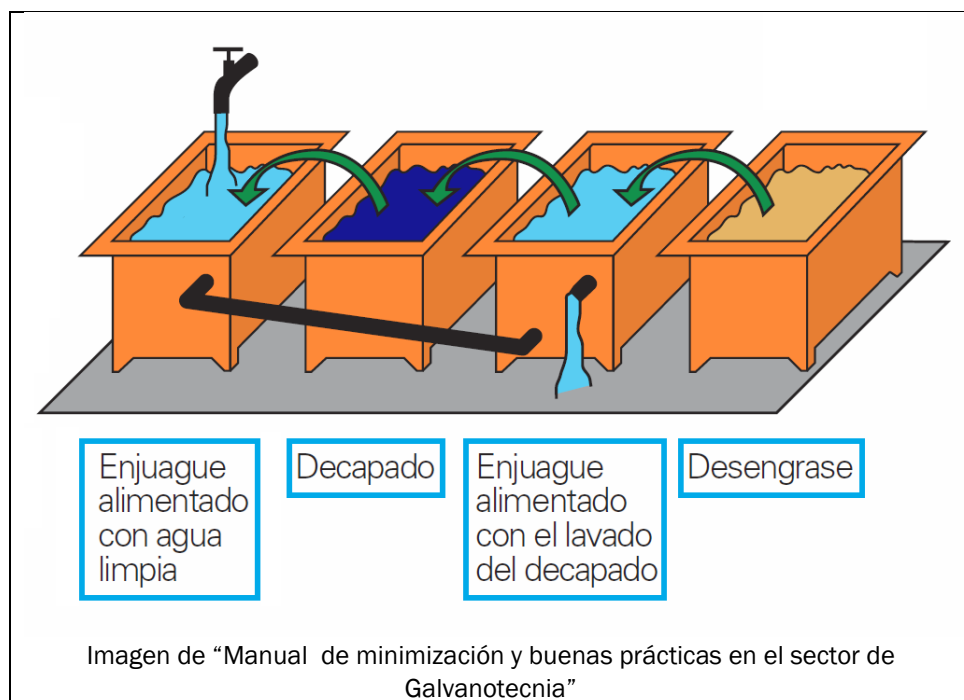
El uso de otro tipo de baños de enjuagues tipo ECO, el cual consiste en una cuba estanca en la cual las piezas se introducen antes y posteriormente al baño para que, mediante los arrastres, de modo que estos hagan de baño preparatorio para las piezas.

Este último enjuague queda desestimado debido a que no es necesario para ningún baño (a excepción del baño de plata, pero exige un baño con distinta composición), y que está totalmente desaconsejado para baños de preparación, de pasivado o baños químicos, debido a que con concentraciones muy altas puede que las reacciones puedan seguir ocurriendo en su superficie con resultados no deseados.

Existe por último el lavado por aspersion o duchas, pero solo es aplicable a instalaciones que funcionen mediante bastidores y no con tambores.

### Conclusión final

- Se determina, el uso obligatorio para un menor impacto medioambiental, el uso de un tanque estanco para la recogida de arrastres después de cada operación, a excepción del baño de decapado ácido y desengrase alcalino.
- El lavado después del decapado-activa ácido será reutilizado para el lavado después del desengrase electroquímico, de esta forma neutralizaremos la alcalinidad arrastrada por las piezas y prolongamos la vida del decapado.



- La utilización de lavados químicos, después de las operaciones de cobre ácido, cobre cianurado debido a su posible influencia en etapas posteriores.
- Lavados a contracorriente, en cascada triple en todos los baños.
- Puede ser necesario el lavado en caliente para lavar piezas procedentes de soluciones alcalinas, como el desengrase y el baño cianurado, debido a que las soluciones alcalinas tienden a cristalizar en la superficie de la pieza cuando entran en contacto con el agua fría, facilitando problemas de adherencia en etapas posteriores.

**4.6 Diagrama sinóptico del proceso**

DIAGRAMA SINOPTICO DEL PROCESO		METODOS Y TIEMPO					
<b>PIEZA o CONJUNTO</b> Rodamiento <b>PROCESO</b> Recubrimiento electrolítico de piezas <b>METODO</b> Actual	<b>DEPARTAMENTO</b> EMPIEZA Taller de fabricación <b>TERMINA</b> Taller de fabricación <b>UNIDAD DE COSTO</b> 60 kg piezas <b>PRODUCCIÓN DIARIA</b> 480 kg	<b>EFFECTUADO POR</b> Carlos Carbajo Vallejo	<b>ESTUDIO</b> N°				
		<b>FECHA</b> 07/2017	<b>HOJA</b>				
<b>CROQUIS</b>	<b>RESUMEN POR UNIDAD DE COSTO</b>						
	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>ACTUAL</b>		<b>PROPUESTO</b>		<b>ECONOMÍA</b>	
		N°	dmh	N°	dmh	N°	dmh
	<b>OPERACIÓN</b>	21					
	<b>INSPECCIÓN</b>	-					
	<b>T. TOTAL dmh</b>						
	<b>M.O.D. euros</b>						
	<b>MATERIAL euros</b>						
<b>UNIDAD DE COSTO: ECONOMÍA</b>			euros				
<b>PRODUCCIÓN ANUAL: ECONOMÍA</b>			euros				
<b>OBSERVACIONES</b>							

## 4.7 Control de los baños

La duración de los baños, y pretender su máxima duración es de vital importancia para la economía de la empresa. La minimización de la generación de residuos, las pérdidas de electrolito pueden suponer un ahorro en gestión de residuos y en materia prima.

También puede ser viable, tanto ambiental como económicamente, la recuperación de metales pesados contenidos en los baños usados. Se deberá evaluar la recuperación de lodos para poder tener un ahorro en recursos de naturales de alto valor como metales pesados.

### Vida de los baños

En una planta de recubrimiento electrolítico actual, se debe prestar especial atención a evitar en la medida de lo posible los arrastres para obtener una vida mayor de los baños y una mejor calidad del electrolítico y del recubrimiento. Reducir los arrastres conlleva una menor limpieza de impurezas y contaminantes de los baños, pero conllevará unas medidas más estrictas de mantenimiento y limpieza para garantizar la vida de estos.

La medida más importante será un análisis continuo de los componentes del electrolito para obtener siempre los valores teóricos y óptimos de la instalación.

Las principales fuentes de contaminación proceden de las transformaciones químicas en los baños, de los productos químicos que suelen venir con pequeñas trazas de contaminantes inorgánicos y orgánicos, impurezas de los ánodos, partículas de polvo y aerosoles en aire, y en particular por el arrastre entre baños.

Estas fuentes de contaminación deberán tratarse de un modo adecuado mediante medidas de mantenimiento y así poder prolongar la vida de los baños.

El mantenimiento de los baños conllevará:

- Eliminación de metales pesados contaminados.
- Retirada de aditivos
- Precipitación de sales
- Eliminación de impurezas insolubles y partículas

Esto conllevará un ahorro en la carga de trabajo de los centros de tratamiento de aguas residuales y ahorro en la contratación de los gestores de residuos autorizados. También permitirá tener menos problemas de funcionamiento y averías en la planta.



#### 4.7.1 Calidad del agua de alimentación

El agua es constantemente usada para la formación de los distintos electrolitos que existen en la lía de producción, así como tener una influencia directa en la eficiencia de los lavados. El agua de la red proviene de las distintas estaciones depuradoras disponibles en Valladolid por lo que es probable la presencia de contaminantes metálicos y de productos para su depuración como es el cloro.

Estos contaminantes pueden producir incompatibilidades debido a la presencia orgánica en el agua, puede producir una mineralización excesiva en baños sensibles a la presencia de determinados iones, generación de incrustaciones en las redes de agua residual de productos alcalinos, o el aumento de la generación de lodos y alteraciones en la viscosidad de los baños.

Para evitarlos se debe determinar unos patrones de calidad de agua para cada uno de los baños y hacer análisis químicos periódicos para conocer su composición, para después aplicar diferentes tratamientos al agua antes de ser añadido al proceso.

- En los baños de desengrase, se acostumbra a usar aguas duras que acostumbran dar mejores resultados en lavados posteriores.
- El uso de aguas blandas para evitar deposiciones y manchas para tratamientos alcalinos.
- El uso de agua desmineralizada en baños calientes para evitar precipitaciones de minerales y calcificaciones en la instalación, que pueden forzar la aparición de futuros defectos como manchas y pérdida de brillo, falta de adherencia y fragilidad del recubrimiento.
- El agua usada para los lavados después de los tratamientos superficiales debe ser de alta calidad para presentar bajo contenido de sales para evitar incrustaciones en la superficie de minerales, manchas por presencia de sales y corrosión por la presencia de cloruros.

Como medidas para conseguir estos resultados se implantarán sistemas que permitan su uso de forma independiente que serán:

- Filtros de arena y carbón activado para la eliminación de sólidos, contaminación orgánica, cloruros, etc.
- Descalcificadores.
- Resinas de intercambio iónico para la desmineralización del agua.

Existen otros sistemas como la osmosis inversa para conseguir agua con una concentración salina comprendida entre los 150-400  $\mu\text{S}$ , pero no se justifica su uso debido al del agua suministrada de la red, donde todas las analíticas del agua suministradas por la empresa *Aquona S.A.* están comprendidas entre esos valores.

#### 4.7.2 Medidas de mantenimiento para los baños electrolíticos

La filtración sirve para retener partículas e impurezas no disueltas. El tipo y el origen de estas partículas pueden ser muy variable. Al eliminar sólidos en suspensión de un baño, se mejora la estructura granular del depósito, evitando rugosidades y manchas, por lo que aumenta también la resistencia a la corrosión, como la calidad del acabado.

Esta medida suele prevenir los defectos de rugosidad y la porosidad, esta última está directamente relacionada con la resistencia a la corrosión, pues cuanto menos porosidad haya, menos probabilidad hay de que sea atacado el metal base por un agente externo.

Para ello, para proteger un metal con una película 3 micras de grosor, debemos usar un elemento filtrante de menor grosor, porque si se fija un sólido de mayor tamaño que el espesor del recubrimiento, este dará lugar a un poro al impedir su recubrimiento.

La filtración será usada en todos los baños electrolíticos. Está principalmente destinados a prolongar la vida del baño y es especialmente necesario en baños con agitación por aire, para evitar que las partículas se adhieran sobre la superficie.

Por las características de nuestra línea se prevén distintos sólidos:

- Partículas sólidas dispersas (piezas, ánodos, etc)
- Sales ajenas al baño formadas por precipitación o cristalización
- Partículas coloidales y productos de degradación de aditivos que se eliminan mediante tratamientos de carbón activo.

Los costes laborales han obligado a introducir una serie de concionantes a la hora de realizar el mantenimiento de los equipos de filtración y la necesidad de realizar una limpieza periódicamente. Algo que influye directamente en la elección del sistema de filtración.

Necesidades de filtración:

Baño	Volumen total/h	Superficie de filtración
Cobre Ácido	2~3	0,5~1 m <sup>2</sup> /1000 L V <sub>T</sub>
Cobre Cianurado	1~2	1~2 m <sup>2</sup> /1000 L V <sub>T</sub>
Níquel Brillante	5~7	0,5~1 m <sup>2</sup> /1000 L V <sub>T</sub>
Plata	2~3	1~2 m <sup>2</sup> /1000 L V <sub>T</sub>

Existe en la actualidad una variedad de filtros aplicados en la industria como pueden ser los filtros de candela, contruidos por un material poroso, normalmente fabricados de polipropileno inyectado que hace que tengan una excelente resistencia a la corrosión, pero presentan la desventaja de ser lentos y posibilidades de obturación.

Otro tipo de filtros muy usados en la industria serían los filtros por cartucho. Estos cartuchos son de papel o poliéster, y podrán ser desechables o lavables, como ventajas su manipulación es rápida y limpia y reduce el tiempo de mantenimiento considerablemente.

En nuestra línea como se prevé el uso continuado de la instalación y una electrodeposición lo más rápida posible. Por lo que se determina que el mejor sistema será mediante filtros de platos que son muy usados en la actualidad, tiene la ventaja de que el medio filtrante suele ser de papel o tela lo cual es desechable o lavable para su reutilización. Van equipados con almohadillas de carbón activo, algo importante ya que se contempla que haya productos orgánicos en descomposición.

Estos filtros tienen una superficie filtrante mínima de 0,5 m<sup>2</sup> y la filtración de solidos de entre 1 a 50 micras, en algunos casos se pueden conseguir la filtración de solidos menores a 1 µm. Este sistema no muestra incompatibilidades con ningún electrolítico y su mantenimiento es asequible.

#### 4.7.2.1 Filtración por carbón activo

En todos los baños se usará un sistema de filtración por carbón activado junto con telas filtrantes debido a que debido a que se prevé la descomposición orgánica de ciertos aditivos añadidos a los baños.

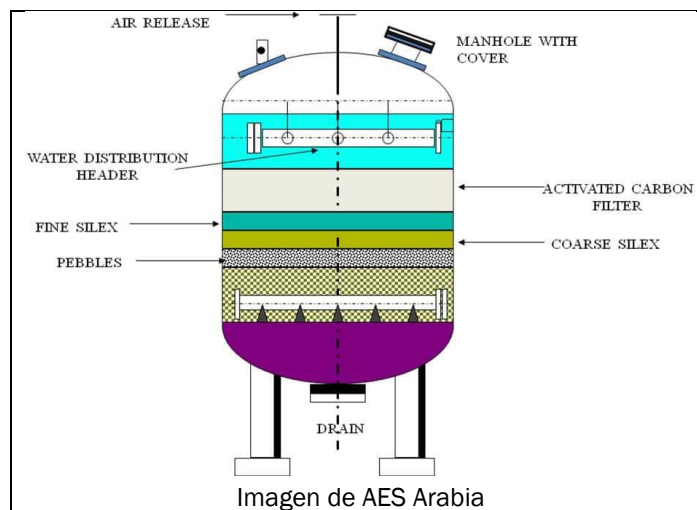
La filtración por medio continuo combinará la filtración de solidos con la eliminación de materia orgánica, esto atenderá las condiciones del baño durante un mayor tiempo con un coste de explotación y una inversión inicial muy baja. Una desventaja a destacar sería un mayor gasto en aditivos debido a que el carbón activo no es selectivo, reteniendo materia orgánica no degradada.

Este tipo de filtración es aplicado en la industria con mucha frecuencia debido a que reduce el consumo de materias primas, como sales solubles, al alargar la vida del baño. Con lo que conseguimos un menor volumen de aguas residuales y una menor cantidad de lodos de depuración de aguas residuales.

La forma de uso del carbón activo se puede encontrar de varias formas:

- Tratamiento con permanganato y carbón activo en una cuba auxiliar es bastante frecuente en instalaciones pequeñas, pero conlleva una gran pérdida del volumen del baño (10 - 15 % sobre el volumen total) al aumentar las superficies libres de evaporación.
- Tratamiento con papeles impregnados de carbón activo en filtros de pequeño volumen. En nuestra línea se estima una carga de trabajo bastante grande para este tipo de filtros que conllevaría un cambio de telas muy frecuente. Existen sistemas en la actualidad donde se puede dotar de carbón activo renovable en forma de sacos filtrantes, pero perdiendo superficie de filtrado con el aumento de la presión en el circuito.
- La opción elegida para nuestra línea es el uso de unidades filtrantes con departamento auxiliar de flotación, donde permite el uso de cartucho con una superficie de platos elevada y con una gran capacidad entre discos donde se forma un lecho filtrante auxiliar que acumula el carbón activo.

Estos filtros tienen superficies filtrantes de 0,5 a 10 m<sup>2</sup> y disfrutan de una gran capacidad de carga con un perfecto coeficiente de reparto de sólidos.



#### 4.7.2.2 Técnicas de tratamiento y reutilización de baños

A continuación, se exponen diversas técnicas con posibilidades de instalación. Estas técnicas se duda su viabilidad en una planta de esta envergadura, pero que garantizan una mayor durabilidad de los baños y su reutilización o la recuperación de metales. La única excepción sería en el caso de los baños de plata, los baños donde se usan metales preciosos hacen que estos métodos casi su obligatoriedad su introducción.

##### Baño de cobre

Este baño será usado en diversas formas como primera capa y preparación de la pieza para poder recibir las sucesivas capas de níquel y plata.

En los baños de cobre ácido se prevé que su pH oscile entre 0,5 y 2, estos deberán filtrarse debido a la producción de barros anódicos que consigan traspasar las bolsas, sólidos producidos por impurezas del hierro o silicatos, posibles arrastres de otros baños y posibles cristalizaciones producidas por las sales que forman parte del baño.

En los baños de cobre cianurado (pH = 11-12,8) es de mayor importancia el tratamiento de carbón activo debido a su facilidad para impurificarse orgánicamente (proveniente de la descomposición de aditivos, arrastres de los desengrases) produciendo spotting y depósitos oscuros.

- Osmosis inversa: Su aplicación permite recuperar aproximadamente el 98% de las sales contenidas en los enjuagues estancos de recuperación de arrastres.
- Electrolisis: permite recuperar hasta el 88% del cobre metal, pero obliga a tener una gran superficie de los cátodos por lo que obliga a tener grandes concentraciones.

##### Baño de níquel

Como ya hemos hablado anteriormente este proceso se usará como subcapa de la plata y para dar resistencia a la corrosión. Los baños de níquel brillante necesitan una buena calidad del baño para evitar defectos en su superficie, esto es una tarea difícil debido a que en la actualidad los baños tienen elevadas velocidades de deposición y hay posibilidad de que se codepositen impurezas quedando encerradas en el retículo microcristalino del níquel produciéndose diversas anomalías en las capas depositadas.

La anomalía en el retículo irregular producirá un efecto áspero en la capa depositada y producirá una menor resistencia a la corrosión, problemas

de adherencia en capas posteriores, necesidad de un excesivo mantenimiento en bolsas anódicas, etc.

Estos defectos hacen que sea necesario una alta frecuencia de filtrado del volumen total del baño aparte de diferentes técnicas de reducción y reciclado de contaminantes, las técnicas usadas actualmente son:

- **Electrodialisis:** proceso de separación electroquímico aplicado en los baños de enjuague en el cual los iones son transferidos a través de un par de membranas ion-selectivas pasando por soluciones de distintas concentraciones aplicando una corriente eléctrica. Permite recuperar los iones de níquel para ser reintroducirlos en los baños, permitiendo recircular el agua limpia siendo usado también en el mantenimiento de los baños. Tiene un alto coste inicial.
- **Resinas de intercambio iónico:** es una técnica muy usada para recuperar el níquel que se recoge de los enjuagues posteriores al baño. Consiste en un tipo de resinas selectivas para determinados metales, se recomienda que operen en el último enjuague tras el baño de níquel para evitar las aguas residuales y permiten regenerar y reutilizar la resina mediante un ácido. Es una técnica también usada en las recirculaciones de los baños estanques que como ya se nombró con anterioridad se usaran para compensar las pérdidas por evaporación entre otros. Al combinarse con los sistemas de tratamiento de aguas se consigue un vertido casi nulo.
- **Osmosis inversa:** es un proceso usado para la recuperación de las sales que componen el electrolítico del baño de níquel que son arrastradas a los baños de lavado. Hay posibilidad de concentración de otros contaminantes por lo que se necesita un mayor mantenimiento del baño.
- **Recuperación electrolítica:** este método permite recuperar el níquel a partir de los enjuagues, eluatos de regeneración de resinas de intercambio iónico y concentrado de procesos de filtración mediante osmosis inversa. Se utilizan cátodos de acero inoxidable o grafito con una superficie elevada. Se reduce drásticamente la generación de lodos por lo que aumenta el rendimiento del baño.

### Baño de plata

Este baño es muy importante el alargamiento de la vida del baño al usarse grandes concentraciones de cianuro difícilmente sustituibles, por este motivo es de gran importancia poder recuperar y reciclar la mayor cantidad de cianuros para evitar la contaminación del medio ambiente y recuperar la plata metal, de gran valor económico.

En el caso de la plata, su alto valor, hace que casi todas las técnicas existentes sean viables independientemente de su inversión inicial debido a una gran amortización. A continuación, se exponen los tratamientos de recuperación disponibles, ya nombrados en otros baños:

- Electrodiálisis: como en casos anteriores, usada para la recuperación de arrastres mediante la concentración de la sal del metal precioso. Usada comúnmente para alargar la vida del electrolito.
- Osmosis inversa: tiene de nuevo como propósito concentrar la sal que contiene el metal precioso de los arrastres.
- Recuperación electrolítica: Técnica viable y de gran importancia para la recuperación de más del 90% y oxidar el 50% del cianuro. Esta técnica reduce la plata metal en el cátodo y en el ánodo oxida el cianuro mediante el uso de una célula electrolítica.
- Resinas de intercambio iónico junto con electrolisis: Técnica muy usada en la actualidad debido al gran rendimiento que tiene a la hora de recuperar la plata metal, hasta un 99%. Queda descartado el uso de resinas aniónicas debido a que para recuperar la plata es necesario incinerarse imposibilitando su recuperación química y requiere la consiguiente instalación de filtrado de gases para evitar contaminación. Se deberá usar resinas catiónicas que si permiten la regeneración química y que en un último paso se recupera la plata metal por electrolisis. Al no destruirse el reactivo, puede usarse para un nuevo ciclo de regeneración.

#### **4.7.3 Medidas de mantenimiento para baños de desengrase**

En este tipo de baños se acumulan principalmente impurezas incorporadas al baño por suciedad, pigmentos y similares que se podrán eliminar por filtración. Y por otro lado aceites y grasas de mecanizado, o de protectores anticorrosión provisionales. Dichos aceites se encuentran en forma

de emulsión de gotas de tamaño comprendido entre 0,01 a 100  $\mu$ , en función del tipo de emulgente empleado y del tipo de aceite.

Los agentes emulgentes fuertes forman una emulsión muy fina con gran parte del aceite. Cabe destacar que cuanto mayor sea el tamaño de las gotas de aceite producidas, más fácilmente se separan de la fase acuosa debido a la diferencia de densidad, y acumulándose en la superficie del baño.

Las medidas más eficientes para el mantenimiento de este tipo de baños son los separadores de aceite y la utilización de productos de bajo poder de emulsión para así poder prolongar lo máximo posible la vida del baño.

A continuación, se explicará en que consiste cada método, aunque se adelanta que en nuestra línea solo está previsto la implantación de una separación física, debido a que los tratamientos de separación de aceites emulsionados están poco implantados y conlleva un alto coste, el cual es considerablemente menor que contratar un gestor autorizado.

- Separación física: Este tipo de sistema se usa como medida de mantenimiento del baño. Mediante el uso de filtros de celulosa se consigue retener los sólidos presentes y en ocasiones parte del aceite no emulsionado. Este sistema se suele instalar junto un sistema (oil-skimer) para retirar el aceite superficial no emulsionado.
- Separación por gravedad o centrifugación: En caso de la necesidad de separación de gotas finas y de emulsiones débiles, se realizará por gravedad natural con la necesidad de requerir mucho tiempo. Otra posibilidad es la utilización de centrifugadoras (> 5  $\mu$ m) para acelerar el proceso y es una medida a estudiar cuando es probable tener partículas en suspensión. Este proceso se consigue a altas revoluciones (7000 rpm) por lo que conlleva un alto coste de funcionamiento, aunque con excelentes niveles de recuperación de hasta un 98%.
- Ultra~Microfiltración por membrana: Este sistema consiste en forzar la filtración de la solución de desengrase, de forma que se fuerza al líquido de desengrase a pasar por una membrana de poros muy pequeños, la cual puede ser orgánica o cerámica. Se diferencia de la osmosis en que no exige aplicar una fuerza excesiva. Mediante este sistema conseguimos separar aceites emulsionados con un tamaño comprendido entre 0,01 – 5  $\mu$ m. Se distingue entre ultrafiltración de microfiltración, en que la primera trabaja con aceites emulsionados poco concentrados en la disolución.



#### 4.7.4 Medidas de mantenimiento para baños de decapado

Los baños de decapado pierden sus propiedades y su efectividad por contaminación metálica y por su disolución por adición de arrastres procedentes de las cubas de lavado procedentes. Para evitar la contaminación metálica se debe controlar la duración del decapado para evitar una degradación excesiva de la superficie.

Como en otros casos la implantación de sistemas para alargar los baños de decapado es muy escaso, debido a una inversión inicial y alto coste de mantenimiento, por lo que reduce a pocos casos la viabilidad de su implantación en esta industria. Se explican brevemente los sistemas implantados en la actualidad:

- Resinas intercambio iónico: Es posible eliminar las impurezas en forma de cationes empleando resinas de intercambio catiónicas muy acidas, como en caso de baños de ácido fosfórico en forma protonada. Otra posibilidad en el caso del uso de un baño de ácido clorhídrico es el uso de resinas aniónicas Cl<sup>-</sup>.
- Diálisis en soluciones de decapado ácido: Esta técnica permite separar, mediante membranas de intercambio iónicas, el contaminante metálico del ácido. Es posible aplicar un diferencial eléctrico para conseguir mayor eficacia y velocidad.
- Cristalización de sales metálicas: La cristalización es muy usada en grandes instalaciones de decapado de materiales ferrosos. En el caso del uso de ácido sulfúrico se consigue la precipitación del sulfato de hierro (II) mediante el enfriamiento o calentamiento del baño. Si se usa el ácido clorhídrico como decapante, la solubilidad es más influenciada por la concentración de ácido libre, por lo que es menos común su aplicación. Este tipo de instalaciones se suele desestimar su viabilidad por el coste de calentar o enfriar las disoluciones.

#### 4.7.5 Minimización de arrastres

El conjunto de operaciones que tienen como propósito la determinación de tiempos y la optimización de escurrido acompañadas por un diseño óptimo de los tambores para el propósito de la línea.

El arrastre es el líquido adherido a la superficie de la pieza o retenido en el interior del bombo. La reducción de estos arrastres es una medida eficaz para el ahorro en el mantenimiento de los baños.

Las medidas que se instauraran en esta línea son:

- Prolongación del tiempo de escurrido, en caso de que no sea una etapa limitante se podrá prolongar tanto como sea necesario, pero siempre evitando pasivaciones y secados de las sales.
- Optimizar el régimen de giro, escurriendo mediante giros cortos y evitando su extracción rápida.
- Intento de seleccionar el tambor en función del tamaño de la pieza, en el caso de que se tenga la necesidad de recubrir piezas de tamaños distintos.
- Otras medidas como son el diseño adecuado del tambor, el avellanado de tambores y la adición de tensoactivos.

## **4.8 Control de calidad y entrega**

### **4.8.1 Controles de calidad de los baños**

El control de calidad de los baños es de vital importancia. Este control previene futuros fallos de calidad en la pieza a entregar debido a un error en la composición y las concentraciones de los electrolitos utilizados, y también ayuda a la determinar cuándo es necesario reponer los baños y la reutilización de los arrastres mediante los tratamientos dados.

Como normal general se pueden clasificar los problemas aparecidos en físicos, eléctricos, preparación y químicos. La solución de problemas eléctricos y físicos suelen tener solución con un mantenimiento correcto para detectar y solucionar el problema.

Los problemas de preparación están altamente relacionados con problemas de adherencia, exceso de poros o manchas. Suele tener solución reforzando los desengrases o decapados mediante nuevos compuestos adecuados o la simple sustitución del baño.

Los problemas químicos suelen aparecer por no tener unas condiciones de trabajo optimas necesarias para obtener un recubrimiento de calidad, ya

sea por una composición errónea del baño o unas malas condiciones de trabajo.

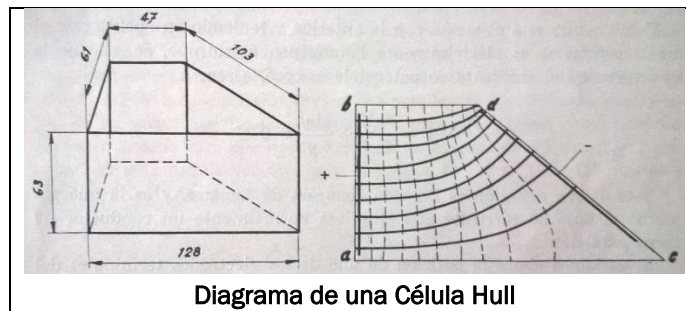
La experiencia adquirida es de vital importancia, para una solución rápida mediante la observación de defectos obtenidos. Aunque hace falta un control analítico de los baños.

El control analítico presenta como principal problema la dificultad de realizarlo de una forma rápida y que suele obligar a necesitar una instrumentación que no siempre es rentable obtener. También se tiene el problema que supone la utilización de aditivos, su uso se antoja imprescindible, pero suele estar en concentraciones muy pequeñas, lo que hace que sean muchas veces indetectables. En la industria de la galvanotecnia, este método suele obligar a enviar muestras a empresas especializadas para que sea viable, con el inconveniente de tener un plazo para saber los resultados y no poder actuar en el momento.

El método más usado durante muchos años, y que sigue hoy en uso es el uso de probetas de depósitos bajo condiciones muy estrictas, para ello se emplea el uso de la Célula Hull.

#### 4.8.1.1 Célula Hull (\*)

Consiste en una cubeta o célula de base trapezoidal, en el que el ánodo y el cátodo forman un ángulo fijo. Esto se hace para tener una distribución determinada de la corriente en el cátodo.



Los resultados que obtendremos de la Célula Hull es el efecto de la alteración de la composición del baño o de la variación de sus concentraciones, la influencia de los parámetros de trabajo, evaluar la contaminación metálica u orgánica del baño, su poder de concentración y la calidad de las materias primas.

(\*) Información e imágenes de *La Célula Hull para Control de Baños Galvánicos* (2ª Edición). MASSUER. V. Ediciones CEDEL.

Su empleo comienza tomando la muestra del baño a ensayar, seguidamente se deberá llevar la cantidad correcta de baño a una temperatura superior (2~4°C) por encima de su temperatura de empleo.

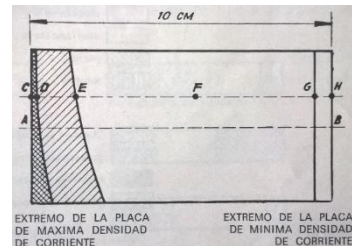
1. Se situará el ánodo en posición de trabajo y se conectará al borne positivo de una fuente de alimentación. El cátodo, desengrasado y pulido, se conecta al borne negativo, y se sumerge en la solución ajustando la intensidad de corriente al valor deseado.

		Corriente total en la célula (Amperios)					
		1	2	3	4	5	6
Distancia en cm del extremo de máxima DC.	1	5,00	10,10	15,00	20,70	25,10	32,00
	2	3,60	7,20	10,65	14,00	17,80	21,26
	3	2,60	5,20	7,80	10,35	13,00	15,55
	4	1,90	3,80	5,75	7,80	9,80	11,70
	5	1,40	2,90	4,40	5,65	7,15	8,55
	6	1,00	2,10	3,10	4,15	5,10	6,10
	7	0,65	1,40	2,05	2,65	3,38	4,15
	8	0,45	0,75	1,05	1,40	1,76	2,25

2. Se deja el cátodo trabajando en la solución durante el tiempo previsto, de unos 4-5 minutos, para después retirarlo, enjuagarlo y secarlo.
3. La intensidad de corriente se suele aplicar en cada baño es la siguiente:

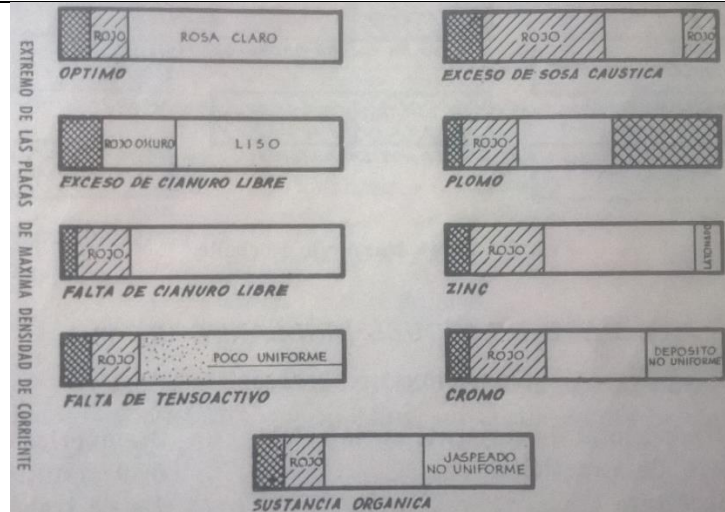
Baño	Ánodo	Intensidad (A)	Tiempo (min)
Cobre cianurado	Cobre	2	5
Cobre ácido	Cobre	3	15
Níquel Watts o brillante	Níquel	3	5-10
Plata	Plata	1	3

4. Interpretación de los resultados, se muestra a continuación una serie de ejemplos a la hora de interpretar los resultados. Se estudian los resultados visualmente. Para ello se considera apta solamente la zona comprendida entre la mitad del cátodo y los 3/4 de la altura de la célula. En la imagen, AB la línea media horizontal de la placa y CH la línea trazada a los 3/4 de la base, tendremos que la zona ABCH de la placa es aquella que debe observarse.



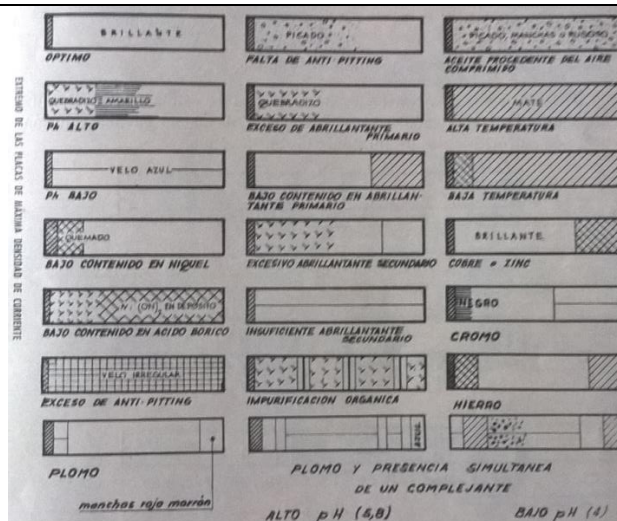
Cobre cianurado

Condiciones de trabajo	
Intensidad total en la célula	2 A
Tiempo de exposición	5 Min
Temperatura	Ambiente
Ánodo	Cobre electrolítico
Cátodo	Acero pulido
Agitación	No necesita

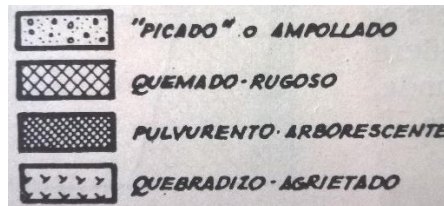


Níquel brillante

Condiciones de trabajo	
Intensidad total en la célula	3 A
Tiempo de exposición	5-10 Min
Temperatura	Trabajo
Ánodo	Níquel (bolsa filtrante)
Cátodo	Laton pulido
Agitación	Manual a pocas revoluciones



## ❖ Leyenda:



Otras modificaciones de la célula de Hull son, la célula de Branciaroli, la célula con muesca o canal lateral, la célula de Gilmont y Walton, célula de Bertorelle y célula de cátodo rotatorio, esta última esta destinada para el ensayo de soluciones-electrolíticas en la deposición en bombo o tambor.

4.8.1.2 pH-Metro

El pH es uno de los parámetros más influyentes y más indicativo para controlar el baño de

Un medidor de pH mide el potencial que separa dos disoluciones con diferente concentración de protones. El pH-metro consiste en un electrodo de mercurio-cloruro mercurio y otro de vidrio, sumergidos en la disolución de la que queremos medir el pH.

Tomando como producto acabado los entregados con recubrimiento de plata se deberán tomar los controles que se exponen a continuación. El bulbo de vidrio contiene una solución de ácido clorhídrico 0,1 M saturado con cloruro de plata cuyo pH es 7 constantemente, de manera que permite conocer el pH por diferencia de potencial.

4.8.1.3 Ionómetro

Este instrumento se utiliza para medir la actividad de un ión específico disuelto en el baño electrolítico, este se mide de forma similar al pH mediante un potencial eléctrico.

Esto se hace mediante electrodos de ión selectivos que disponen de una membrana capaz de medir estas actividades. Con ello medimos la concentración del ion necesario utilizando un ion electrodo selectivo con sensor y otro electrodo como referencia.

Con el electrodo de referencia se medirá la diferencia de potencial que se producirá al poner el electrodo con el ion a analizar. Estos electrodos están

sumergidos en una sal que les permite aumentar la diferencia de potencial entre el electrodo y la concentración.

Como electrodos de membrana o selectivos de iones nos encontramos:

- Electrodo de vidrio (film de silicato) Para la medida de pH como ya se ha nombrado en el apartado anterior.
- Electrodos de membrana líquida.
- Electrodos en estado sólido:
  - Electrodos de membrana monocristalina.
  - Electrodos de membrana policristalina.
- Electrodos Enzimáticos.
- Electrodos para gases.

#### 4.8.2 Control de expedición

Antes de entregar los productos acabados se deberá hacer un control con una determinada frecuencia (Norma ISO 4519:1980, capítulo 7) para ver si las piezas cumplen con los requisitos impuestos por el cliente.

##### 4.8.2.1 Espesor

Para la medición del espesor tenemos varios métodos normalizados (UNE-EN ISO 4521), para ello nos muestra una serie de métodos con una incertidumbre de medida inferior al 10%. Para ello el comprador debe especificar el ensayo a utilizar.

##### Cálculos de la densidad y del espesor

Los métodos de medición del espesor se basan en el conocimiento de la densidad del recubrimiento. Para ello se requiere conocer la densidad verdadera, o estimarla de manera aritmética siendo susceptible una incertidumbre mayor al 10%.

De forma general los proveedores de baños pueden calcular la densidad del recubrimiento mediante la composición del baño, pero esta puede variar debido a funcionamientos diferentes, el envejecimiento de la solución, mal mantenimiento o presencia de contaminación orgánica.

La siguiente tabla proporcionada por la norma, muestra los valores de densidad a partir de la pureza del depósito en diferentes disoluciones, y permite comparar con los valores de densidad verdadera obtenidos.

Tipo de solución	Pureza del recubrimiento (fracción másica %)	Densidad verdadera <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad calculada
Alcalina cianurada	99,999	10,5	10,5
Alcalina no cianurada	99,955	9,7	10,499
Alcalina nitrurada	99,020	8,7	10,397

Los valores mencionados son sólo a título de ejemplo y no conviene utilizarlos como factores de densidad cuando se pasa de una masa por unidad de superficie a un espesor.

### Métodos no destructivos

Existen determinados métodos para la obtención del espesor que se nombran a continuación:

- Retrodifusión de rayos beta (ISO 3543)
- Método magnético (ISO 2178)
- Método por espectrometría de rayos X (ISO 3497)
- Micrómetro

### Métodos semi-destructivos

Estos métodos al contrario de los anteriores dañan una parte de la superficie, pero permite que sea fácilmente reparada mediante un nuevo recubrimiento o de una capa orgánica.

- Método coulombimétrico (ISO 2177)
- Método perfilométrico (ISO 4518)
- Método interferométrico (ISO 3868)

### Métodos destructivos

- Método por corte micrográfico (ISO 1463)
- Método gravimétrico (ISO 10111)
- Análisis químico.

#### 4.8.2.2 Porosidad

Los ensayos de porosidad de los depósitos tienen gran importancia de cara a la corrosión. Los poros son un medio de comunicación del depósito con el metal-base.

Para la determinación de la discontinuidad de un recubrimiento metálico, ya se presente esa discontinuidad en forma de poros o fisuras, se han



propuesto distintos procedimientos, basados en diferentes principios. Los ensayos de porosidad que vamos a considerar son los más usados en laboratorios, centros de investigación y en factorías de distintos tamaños.

- Ensayo calorimétrico del ferroxilo.
- Ensayo del agua caliente
- Ensayo del cloruro-peróxido
- Ensayos de inmersión en soluciones agresivas
- Ensayo cátodico con sulfato de cobre
- Ensayo electrográfico
- Ensayos electroquímicos
- Ensayo por permeabilidad gaseosa
- Ensayo por fotografía
- Ensayo radiográfico
- Ensayos por tensión elevada o por alta frecuencia
- Ensayos mediante microscopia de interferencia
- Ensayo por exposición a reactivos gaseosos.

#### 4.8.2.3 Adherencia

La norma UNE-EN ISO 4521 nos vuelve a informar de diferentes formas normalizadas para la determinación de la adherencia del recubrimiento a la superficie de la pieza:

- Bruñido
- Bruñido a bombo
- Desconchado
- Plegado
- Cizallamiento
- Choque térmico

#### 4.8.2.4 Dureza

Se define como la capacidad de resistencia de un material a la deformación permanente ocasionada por la acción de fuerzas externas.

La dureza de un recubrimiento metálico depositado vía electrolítica es mayor que la que corresponde al mismo metal obtenido por otros métodos. Aunque esta depende de su estructura interna y de las condiciones de su electrodeposición.

Los procedimientos para medir la dureza más usados en la actualidad son los siguientes:

- Ensayo de dureza por rayado: ensayo de Martens
- Ensayo de Brinell
- Ensayo de Rockwell
- Ensayo de Vickers
- Ensayo de Knoop
- Ensayo de dureza al rebote: método de Shore

La Norma ISO 4516 propone diversas formas para la medición de la microdureza de un recubrimiento de este tipo.

#### 4.8.2.5 Tensiones internas

El estado tensional de un recubrimiento es una consecuencia de diversas distorsiones en su estructura. Estas dependen de cuál sea el metal depositado y de las condiciones existentes durante su deposición.

Se han desarrollado numerosos procedimientos para determinar y ver la existencia de tensiones internas como se enumeran a continuación.

- Método basado en la deformación de un bulbo de vidrio lleno de mercurio
- Métodos basados en la deformación de un cátodo flexible.
- Métodos basados en la deformación durante el proceso de la electrodeposición:
  - Método de Stoney
  - Método de Tsareva, Solokhina, Kudryavtsev, Vagramyan
  - Método de Hoar y Arrowsmith (método del punto nulo)

#### 4.8.2.6 Ductilidad

La ductilidad es una propiedad muy importante en muchos recubrimientos metálicos, ya que suele afectar de forma directa a la duración de la pieza. La ductilidad se determina normalmente midiendo cuanta deformación es capaz de soportar sin que se rompa, en el caso de la medida de la ductilidad en los recubrimientos se necesitan de métodos más específicos debido a que, aunque se obtienen bordes definidos en los que medir, el espesor es muy pequeño como para medirlo.

Los métodos más usados son los siguientes:

- Ensayo de doblado
- Ensayo de resistencia a la tracción
- Ensayo de curvado o combado hidráulico
- Ensayo de torsión

#### 4.8.2.7 Ausencia de contaminación

Este ensayo permite determinar que no existen contaminantes en la superficie por sales residuales de los recubrimientos de plata que van a ser utilizados con diferentes fines.

La norma UNE-EN ISO 4521 nos muestra un método para aplicar en el cual se sumergen las piezas en agua de conductividad eléctrica conocida, en ebullición y se mide el aumento de conductividad resultante de la extracción de sales residuales y otras impurezas.

#### 4.8.2.8 Brillo

El brillo presenta una de las cualidades más interesantes, tanto con fines industriales como decorativos. En la actualidad existen técnicas más o menos sofisticadas para tener un ensayo objetivo.

- Medida de la luz reflejada
- Medida de la luz difundida
- Medida de la reflectividad total
- Medida indirecta mediante la rugosidad (rugosímetro)

### 4.8.3 **Entrega de productos acabados**

El cliente detalla que las piezas serán entregadas por un embalaje de cartón de alta resistencia, correspondientemente etiquetado con la referencia del cliente. Las piezas deberán ir previamente introducidas en una bolsa de plástico de polietileno para protegerlas de la humedad.

Dichas cajas serán apiladas en pallets de medida estándar europeo 1200 x 800 mm, con tres patines y cuatro entradas.



Imagen de ejemplo

## 4.9 Minimización de residuos

Con estos procesos se intenta reducir los residuos, vertidos y emisiones e intentar recuperar posibles residuos reaprovecharlos. Con la reducción y reaprovechamiento de residuos conseguimos optimizar el proceso con el ahorro económico asociado, y el menor impacto medioambiental posible.

Los tratamientos superficiales están asociados a la ley 16/2002 del 1 de julio de Prevención y Control integrados de la contaminación que tiene como propósito mejorar y proteger el medioambiente dentro de la industria de forma sostenible y eficaz.

### 4.9.1 Sustitución de materias primas

#### 4.9.1.1 Cianuros

El cianuro es altamente tóxico, y es altamente peligroso para el ser humano y el medio ambiente. A lo largo de la línea como ya hemos observado tiene su uso durante los baños de cobre cianuro y plateado. Hay procesos en los que ya hay la posibilidad de ser sustituido por elementos menos peligrosas o tóxicas, aunque esto conlleva un aumento del coste del electrolítico.

- Alternativas en el cobre cianurado

No existen grandes alternativas, la más viable es el cobre pirofosfato, aunque conlleva un alto coste y no siempre es rentable. Se consigue un buen aspecto semibrillante pero requiere gran cantidad de tiempo para ser aplicado y conseguir el acabado deseado.

La técnica más usada en la actualidad en alternativa exenta de cianuro es el cobre alcalino, pero su aplicación conlleva bastantes problemas de adherencia en el acero, por lo cual no es viable para nuestra línea de recubrimiento electroquímico.

Como técnicas emergentes existen el latonado en base pirofosfato, en base pirofosfato-tartrato u en base nitruro de zirconio. Pero estas técnicas están en desarrollo y actualmente presentan los mismos problemas que las existentes, como problemas de adherencia, acabado pobre y rangos de funcionamiento muy estrictos.

- Alternativas en el níquel

Al usarse como subcapa queremos conseguir un mayor brillo y acabado en la capa final de plata, por ello destaca como alternativa al níquel brillante el bronce amarillo o blanco.

El bronce amarillo o blanco permite usar sistemas de aplicación libres de cianuros, en soluciones alcalinas con resultados parecidos al níquel brillante. Este tipo de baño es muy usado en joyería, pero requiere un alto control del pH, siendo un baño poco estable y que puede ofrecer resultados no deseados contra la corrosión, pero válido como subcapa. Actualmente no es un proceso poco usado para piezas de usos industrial debido a un alto coste en el control de calidad del baño.

- Alternativas en la plata

En el caso de la plata, al contrario de otros metales preciosos como el oro, no hay ninguna alternativa viable para la sustitución por completo del cianuro, por eso es de gran importante bajar sus concentraciones y recuperar la mayor parte posible para evitar su llegada al entorno.

#### 4.9.1.2 Ácido etilendiaminotetracético

El ácido etilendiaminotetracético (EDTA) se utiliza de forma generalizada para incrementar la vida de los baños desengrasantes y decapantes. El EDTA es un aditivo complejante de metales pesados existentes en los tratamientos dificultando su precipitación durante el tratamiento de las aguas residuales.

Actualmente, se viene sustituyendo por agentes como el gluconato sódico, el cual es un agente biodegradable y más débil.

#### 4.9.1.3 Perfluorooctano sulfonato

El perfluorooctano sulfonato (PFO) es un surfactante y se usa también en tareas para la disminución de emisiones gaseosas. La normativa europea 2006/122/CE limita su uso debido a su peligro para el ser humano y el medioambiente, debido a que no se hidroliza, fotoliza o biodegrada de forma natural.

Es un aditivo usado para reducir la formación de nieblas y espumas al reducir la tensión superficial. Se usa de forma habitual en los decapados ácidos y procesos alcalinos no cianurados. Será obligatorio limitar la emisión de gases a la atmosfera, ya sea por sistemas de extracción o mediante el lavado de gases debido a que no hay un aditivo no contaminante como sustituto.

#### 4.9.2 **Gestión de aguas residuales**

Como ya se ha tratado en puntos anteriores importante minimizar el gasto de materia prima. Por ello se intenta reducir todo lo posible el consumo de agua durante todo el proceso y la reutilización de los arrastres que es la mayor causa de efluentes contaminados.

Los efluentes contaminados generados, pueden estar más o menos concentrados, pero siempre es necesario su tratamiento y eliminación. Todos los tratamientos generan un lodo más o menos concentrado, que dependerá de lo estricta que sea la normativa vigente.

El proceso deberá hacer una correcta segregación de los residuos según los siguientes criterios para que el tratamiento de aguas residuales tenga una buena efectividad:

- Diluidos
- Concentrados
- Ácidos
- Alcalinos
- Crómicos
- Cianurados

En nuestro caso deberemos identificar y segregar los efluentes problemáticos como serán cianuros, aceites y agentes complejantes.

Para ello se deberá contar con los siguientes tratamientos, en caso de se descarte finalmente su implantación, los efluentes se deberán diluir lo suficiente para cumplir con la normativa en el caso de que sea posible. Cabe

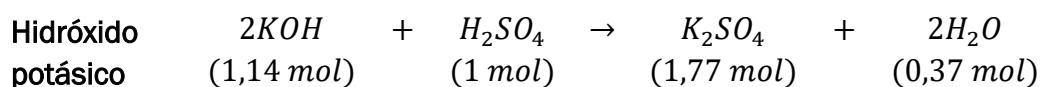
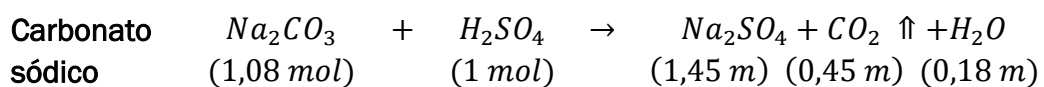
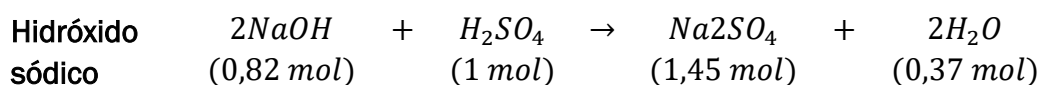
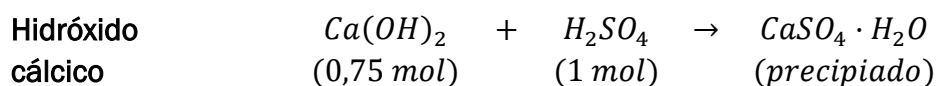
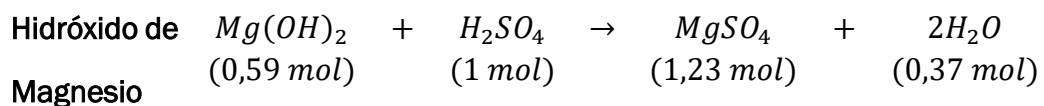
destacar que algunos de estos tratamientos expuestos a continuación, como la neutralización de ácidos y oxidación de cianuros, se llevarán a cabo durante el proceso de tratamiento de las superficies para mejorar la calidad de los baños, evitando los arrastres más contaminantes.

#### 4.9.2.1 Neutralización de los ácidos

En este proceso se requiere neutralizar los ácidos adheridos a la superficie de las piezas, y que puede producir contaminación de baños continuos o quemaduras cutáneas y de mucosas en los trabajadores debido a alguna manipulación de las piezas.

En este proceso necesitaremos que se produzca una reacción de neutralización en la superficie de la pieza. Una reacción de neutralización se produce cuando reacciona un ácido (o un óxido ácido) con una base (u óxido básico), como resultado a esa reacción se formará una sal y probablemente agua exceptuando los casos en los que se combinan un óxido de un no meta con un óxido de un metal.

Deberemos neutralizar principalmente el ácido sulfúrico, el cual es un compuesto muy corrosivo catalogado como muy peligroso para la salud. Al ser un ácido muy fuerte tiene un bajo pH, por lo que necesitaremos una base muy fuerte para su neutralización, para ello se describen distintos compuestos ordenados según su capacidad de neutralización:



Se podrán usar cualquier tipo de sistema para la composición del baño, el subproducto final será una sal diluida en agua. El hidróxido de calcio tiene la ventaja de ser bastante asequible y su separación en el líquido es muy fácil al

aparecer el producto en forma de precipitado, pero en el caso de los lavados químicos puede convocar en problemas de adherencia y poro al precipitar sobre la pieza.

#### 4.9.2.2 Oxidación de los cianuros

La tarea consiste en oxidar los cianuros en cianatos precipitables. Actualmente las operaciones de oxidación son:

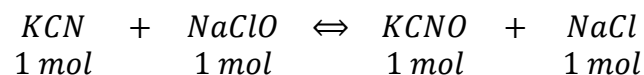
- Hipoclorito sódico
- Peróxido de hidrogeno
- Ácido peróxifulfúrico
- Oxígeno
- Ozono
- Oxidación anódica
- Monopersulfato potásico

Estos métodos descritos son de fácil implantación y con buenos resultados, son métodos de oxidación química, donde el más habitual es mediante hipoclorito sódico (pH>10) con vertidos finales de hasta 0,2 mg/L.

Su uso debe estar controlado debido a que un exceso de hipoclorito sódico puede reaccionar con sustancias orgánicas dando lugar a derivados orgánicos halogenados muy tóxicos.

Par los cianuros contenidos en nuestros baños las reacciones con el hipoclorito sódico son las siguientes:

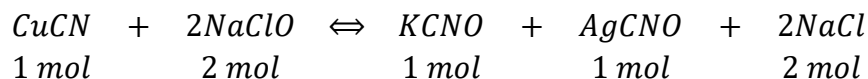
##### Cianuro de potásico



##### Cianuro de cobre



##### Cianuro doble de plata y potasio



Mediante esta reacción eliminamos el cianuro potásico para convertirlo en cianato potásico, cianato de cobre, cianato de plata y cloruro sódico que es sal común.



Otro método de oxidación de cianuro es mediante el intercambio iónico, y oxidación asistida por radiación UV.

#### 4.9.2.3 Recuperación de metales

Una de las medidas para evitar la emisión de aguas residuales y ajustarse a las normas preestablecidas es el ajuste del pH. Mediante el ajuste de un determinado valor del pH podemos conseguir la mínima solubilidad de los hidróxidos metálicos.

Este proceso consiste en la neutralización-precipitación, con lo que mediante la sosa (hidróxido sódico) o lechada de cal (hidróxido cálcico) conseguimos ajustar el pH de la disolución y conseguir la precipitación del metal, hay que tener en cuenta, que en el caso de sobrepasar el límite teórico la disolución vuelve a disolverse, el cual es el llamado pH de redisolución.

Metal	Hidróxido sódico		Hidróxido cálcico	
	pH óptimo	pH redisolución	pH óptimo	pH redisolución
Fe <sup>+++</sup> /Fe <sup>++</sup>	4,5/12,5	-/13,5	4/8,9	-
Al	7,5	8,0	5,0	7,5
Sn	5,5	9,2	5,5	9,2
Cr (III)	7,5	7,8	10,0	-
Cu	7,6	-	8,0	-
Zn	10,2	10,8	10,0	-
Ni	10,6	-	10,5	-
Cd	13,1	-	11,0	-

Los pequeños márgenes que dan el pH en el caso de varios metales en el efluente obligan a una precipitación por fases o la precipitación de varios hidróxidos a la vez, para lo cual habrá que obtener empíricamente el valor óptimo de pH, para lo cual se formaran cristales mixtos, formación de compuesto (como por ejemplo un metal divalente con otro divalente) y la adsorción de metales sobre los que ya han precipitado (pH inferior).

#### 4.9.2.4 Emisión de aguas residuales

La emisión de aguas residuales ya tratadas viene limitada por el medio receptor y por la legislación vigente autonómica y municipal.

En nuestro caso deberemos dependeremos de la normativa de alcantarillado público del municipio, la cual comparte con Valladolid al estar la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) en su territorio.

Los vertidos de la línea de producción principalmente serán:

- Metales Pesados
- pH
- Sales solubles
- Cianuros
- Sulfatos
- Cloruros
- Boro
- Nitratos
- Fluoruros
- Aceites y grasas
- Fosfatos
- Materias Inhibidoras
- Tensioactivos aniónicos
- Compuestos organohalogenados
- Disolventes halogenados
- Disolventes no halogedos

Para los vertidos de este tipo de aguas industriales al alcantarillado público tenemos el reglamento del Servicio Municipal de abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento, aprobado por la Diputación de Valladolid el 21 de abril de 2006. El artículo 73 nos impone las condiciones sobre la prohibición o limitación de vertidos a la red de saneamiento.

También en reglamento del servicio de aguas del Ayuntamiento de Arroyo de la encomienda se pronuncia de la misma forma en el Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid (BOPV) número 224, del 28 de septiembre de 2012. Más concretamente en el Título Sexto, Capítulo IV.

Nos indican que queda totalmente prohibido verter de manera o indirectamente a las instalaciones municipales de saneamiento cualquiera de los productos que se detallan a continuación:

- Materias sólidas o viscosas en cantidades o tamaños tales que, por sí solos o por integración con otros, produzcan obstrucciones o

sedimentos que impidan el correcto funcionamiento de las alcantarillas o dificulten los trabajos de conservación o mantenimiento de las mismas.

- Disolventes o líquidos orgánicos inmiscibles en agua, combustibles o inflamables, tales como gasolina, naftaleno, petróleo, “white-spirit”, benceno, tolueno, xileno, triclorotileno, perclorotileno, etc.
- Aceites y grasas flotantes o emulsionadas.
- Lodos procedentes de sistema de pretratamiento o tratamiento de vertidos de aguas residuales.
- Residuos de origen pecuario.
- Sustancias sólidas potencialmente peligrosas: Carburo cálcico, bromatos, cloratos, hidruros, percloratos, peróxidos, etc.
- Gases o vapores combustibles inflamables, explosivos o tóxicos o procedentes de motores de explosión.
- Materias que por razones de su naturaleza, propiedades y cantidades originen o puedan originar por sí solas o por integración con otras:
  - Algún tipo de molestia pública.
  - La formación de mezclas inflamables o explosivas con el aire.
  - La creación de atmósferas molestas, insalubres, tóxicas o peligrosas que impidan o dificulten el trabajo del personal encargado de la inspección, limpieza, mantenimiento o funcionamiento de las instalaciones públicas de saneamiento.
- Materias que por sí mismas o a consecuencia de procesos o reacciones que tengan lugar dentro de la red tengan o adquieran alguna propiedad corrosiva capaz de dañar o deteriorar los materiales de las instalaciones municipales de saneamiento o perjudicar al personal encargado de la limpieza y conservación.
- Residuos industriales o comerciales que por sus concentraciones o características tóxicas o peligrosas requieran un tratamiento específico o control periódico de sus efectos nocivos potenciales.
- Los que produzcan concentraciones de gases nocivos en la atmósfera de la red de saneamiento superiores a los límites siguientes:
  - Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>): Cinco partes por millón.
  - Monóxido de carbono(CO): Cien partes por millón.
  - Sulfídrico (H<sub>2</sub>S): Veinte partes por millón.
  - Cianhídrico (HCN): Diez partes por millón.
  - Amoníaco: Cien partes por millón.
  - Dióxido de carbono: Cinco mil partes por millón
  - Cloro: Una parte por millón.
- Productos a base de alquitrán o elementos alquitranados.

Las condiciones más restrictivas que para actividades industriales según la normativa vigente escrita para el vertido directo e indirecto a las instalaciones municipales de saneamiento:

Parámetro	Mg/l
<u>Aceites y grasas</u>	<u>150</u>
Aluminio	20
Arsénico	1
Bario	10
Bario	3
Cadmio	0,5
<u>Cianuros (en CN-)</u>	<u>5</u>
Cinc	10
<u>Cloruros</u>	<u>1500</u>
<u>Cobre</u>	<u>2</u>
<u>Color a dilución de 1/40</u>	<u>Inapreciable</u>
<u>Conductividad</u>	<u>5000</u>
Cromo Total	5
Cromo VI	0,5
<u>DBO</u>	<u>1000</u>
<u>DQO</u>	<u>1500</u>
<u>Detergentes</u>	<u>4</u>
Estaño	2
<u>Fenoles totales</u>	<u>2</u>
<u>Fluoruros</u>	<u>10</u>
<u>Fósforo total</u>	<u>40</u>
<u>Hierro</u>	<u>10</u>
<u>Manganeso</u>	<u>2</u>
Mercurio	0,1
<u>Níquel</u>	<u>5</u>
<u>Nitrógeno total</u>	<u>100</u>
<u>pH</u>	<u>6-10</u>
Plomo	1
Selenio	1
<u>Sólidos en suspensión</u>	<u>500</u>
<u>Sólidos grueso (&gt; 40 mm)</u>	<u>Ausentes</u>
<u>Sulfatos (en SO4=)</u>	<u>1500</u>
<u>Sulfatos (en S=)</u>	<u>5</u>
<u>T (°C)</u>	<u>60</u>
<u>Toxicidad</u>	<u>25</u>

- Con independencia de la obligación de cumplir de forma individual con los límites de la tabla anterior, el valor del coeficiente K de la fórmula siguiente ha de ser siempre menor o igual que 3.

$$K = 0,35 \cdot \frac{S_s}{168} + 0,4 \cdot \frac{DQO}{400} + 0,15 \cdot \frac{N_{Total}}{32} + 0,1 \cdot \frac{P_{Total}}{14}$$

La suma de las fracciones de concentración real/concentración límite relativa a los elementos tóxicos arsénico cadmio, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio y cinc no superará el valor de 5.

- Las relaciones establecidas en los puntos precedentes se entenderán sin perjuicio de la limitación o prohibición de vertidos de otros contaminantes no especificados en ellas o a las cantidades inferiores que se determinen en la legislación vigente.
- Todos los usuarios convertidos de tipo industrial, cualquiera que sea su actividad, que estén autorizados para verter e incluso aquéllos que realicen pretratamiento deberán colocar una reja de desbaste de 40 mm. antes del vertido a la alcantarilla.
- Los caudales punta vertidos a la red no podrán exceder de 2,5 veces en una hora el caudal medio en 24 horas en los casos en los que por las características de la instalación exista riesgo de que se pueda superar la limitación anterior podrá exigirse la instalación de arquetas de control tipo B con medidor de caudal en continuo.
- Deberán controlarse especialmente el caudal y calidad del efluente en el caso de limpieza de tanques, cierre vacacional con vaciado de los mismos o circunstancias análogas.
- Cuando exista red separativa no podrán verterse a la red de aguas pluviales aguas industriales no contaminadas, bien sea de refrigeración o cualesquiera otra.

### 4.9.3 Gestión de emisiones

#### 4.9.3.1 Tratamiento de las emisiones a la atmosfera

Este tipo de emisiones son muy a tener en cuenta, debido a que los gases y vapores afectan gravemente al medio ambiente y a los trabajadores. Por lo tanto, el tratamiento y la reducción de emisiones tienen también como objetivo la prevención de riesgos laborales, aunque en ocasiones entre en conflicto con la minimización de la reducción de emisiones contaminantes.

Se deberá minimizar y buscar alternativas para reducir la cantidad de gases y vapores húmedos y corrosivos. En el caso de los baños que trabajen a altas temperaturas se prevé la instalación de sistemas y equipos de reducción de la emisión generada.

Se instalarán sistemas de extracción de aire en los baños que puedan afectar a la salud de los trabajadores:

- Soluciones ácidas
- Soluciones cianuradas
- Soluciones de níquel

No se prevé el uso de aditivos para reducir las emisiones como el ion nítrico, ácido sulfúrico, fluorhídrico o nítrico, para evitar arrastres a los baños de lavado con el encarecimiento de tener que separarlo. Otros aditivos basados en PFOS están desaconsejados para los baños usados en nuestra línea debido a la alta toxicidad que producen.

Como métodos alternativos existen las esferas flotantes, pero debido a la necesidad de usar bombos giratorios, y circuitos de filtración se desaconseja para evitar problemas de fiabilidad debido a problemas de obstrucción de conductos o atasques mecánicos.

Se usarán extractores y capotas para absorber directamente los gases y vapores en los baños emisores, para reducir la emisión directa a la atmósfera. De esta forma evitaremos contaminar el área de trabajo y podremos dirigir los gases a zonas de tratamiento.

Los sistemas de reducción a implementar serán torres de absorción por agua para la retención de cianuros, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Cl<sup>-</sup> y F<sup>-</sup> en medio ácido, filtros para el caso del ácido sulfúrico. Esto se consigue mediante un equipo neutralizador, un circuito de reciclaje neutralizante y un retenedor de líquidos.

#### 4.9.3.2 Emisiones a la atmósfera

El Real Decreto 833/75, de 6 de febrero, que desarrolla la Ley 22 de diciembre de 1972, de protección del medio ambiente atmosférico nos detalla los valores máximo permitidos para el caso de emisiones a la atmósfera que se recogen en esta tabla:

Contaminante	Unidad de medida	Niveles de emisión
Partículas sólidas	mg/Nm <sup>3</sup>	150
SO <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	4300
CO	Ppm	500
NO <sub>x</sub> (Medido como NO <sub>2</sub> )	Ppm	300
F total	mg/Nm <sup>3</sup>	80
Cl <sup>-</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	230
HCl	mg/Nm <sup>3</sup>	460
SH <sub>2</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	10

Al estar en una zona industrial, sin parajes naturales sensibles a la contaminación, no precisa de mayores restricciones.

#### 4.9.4 Formación de los empleados

Los operarios serán los grandes encargados para conseguir los objetivos de minimización de residuos. Deberán colaborar para llevar a cabo todas las prácticas y los planes de prevención de la contaminación que deberán conocer de manera continua y actualizada.

Hoy en día es muy común en las empresas crear una serie de incentivos a los trabajadores para alcanzar de una forma fácil y motivadora los objetivos previstos.

Los empleados deberán de conocer las distintas formas de producción de residuos y los métodos de prevención y eliminación. Como proceder en el caso de situaciones de emergencia como fugas o derrames, o como manipular de forma correcta las materias primas para evitarlo.

También puede evitar de posibles derrames o accidentes una correcta protección del empleado, debe ser obligatorio el uso de guantes, gafas, ropa y calzado especial.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

La línea de plateado electroquímico se basará en las fases anteriormente descritas. Se tratará de una línea automatizada, en que los bombos recorrerán los distintos baños movidos por pórticos encargados de su

elevación y transporte, y una zona a mitad de línea con rodillos automáticos encargados del transporte de los bombos en un eje perpendicular a la línea.

La línea con distribución en “U” comenzará con una zona dedicada a la carga de bombos, y terminará con una amplia zona donde empaquetar las piezas finalizadas.

Se determina una capacidad de 10kg/10 min debido a que no hay ningún proceso que supere ese tiempo necesario a excepción del cobre cianurado (Ver Anejo II). Para lo cual está previsto el uso de dos baños en donde las cubas se irán alternando.

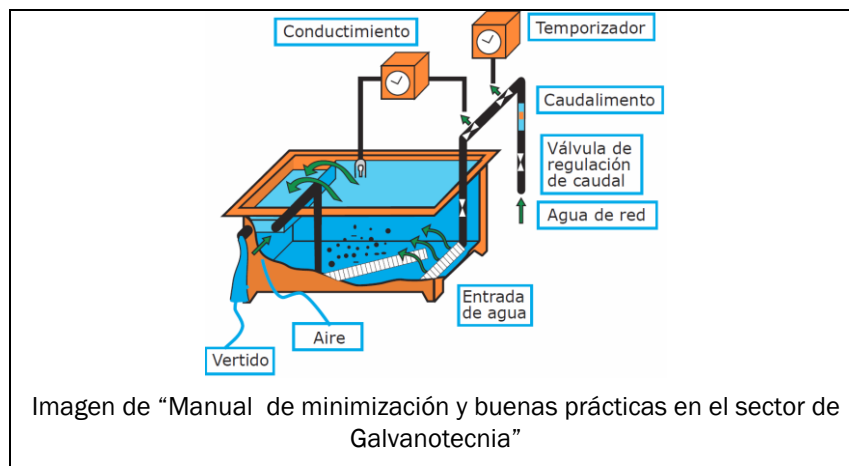
Para una mejor visualización se recomienda ver el plano con el Layout de la fábrica.

## 5.1 Cubas de lavado

Las cubas de lavado estarán construidas de PVC, serán todas cubas a contracorriente de lavado triple. Se llega a la conclusión que al no haber un espacio predefinido y ser una nave construcción, el ahorro de agua para conseguir una efectividad similar o mejor, hace que su implantación sea necesaria.

La tendrá que estar diseñada para que la renovación de agua esté asegurada y no aparezcan zonas de remanso donde la disolución limpiada pueda acabar concentrada y estancada.

Se instalarán agitadores por introducción de aire para una adecuada circulación, se deberá introducir el agua por la parte inferior de la cuba y con un caudal controlable para evitar gastos innecesarios de agua. También se contempla la instalación de un calentador instantáneo con capacidad para 60 °C, en los enjuagues de los baños cianurados o alcalinos.





Esta última imagen indica el correcto diseño de una cuba de enjuague o lavado, aunque muestra un diseño para una cuba simple, su aplicación es similar a una cuba múltiple.

## 5.2 Cubas de tratamiento

### 5.2.1 Modelo de cubas

Las cubas para los baños estarán construidas de PVC, estas deberán contar con aireadores de PVC tendrán una capacidad de 204 litros con revestimiento externo de lana de vidrio y una chapa de acero a modo de sujeción.

Contarán también con una válvula inferior y otra superior para el llenado y vaciado de las cubas. En el fondo deberá contar con un agitador por aire.

### 5.2.2 Sujeción de ánodos

La sujeción de los ánodos de Druseidt tendrán La superficie de contacto está estampada con un patrón especial para mejorar la transferencia de corriente. La presión de contacto se crea con rodamientos de bolas de acero inoxidable intercambiables y alimentados por resorte. Los contactos se montan en una placa cobre. Este tipo de piezas vienen a medida dependiendo del espesor de los ánodos usados, para ver el espesor necesario está reflejado en el ANEJO II. También puede haber posibilidad de usar bolas anódicas, que van dentro de cestas que pueden ser de titanio, cuya conexión se realiza con una percha sobre una barra de cobre.

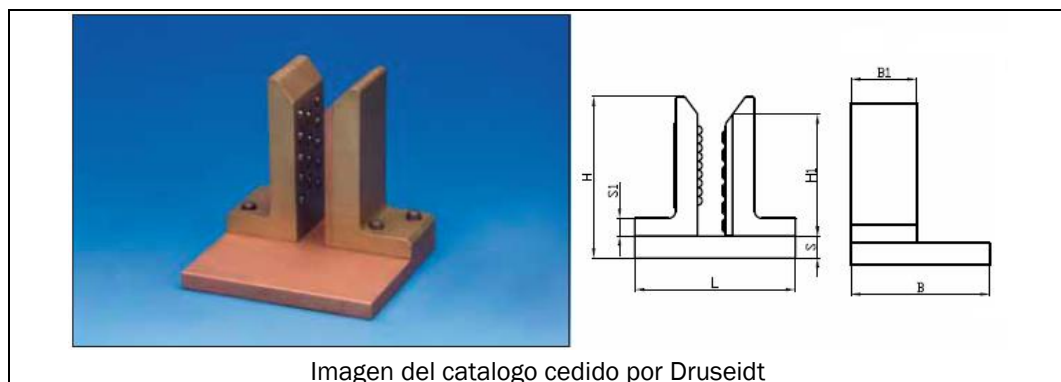


Imagen del catálogo cedido por Druseidt

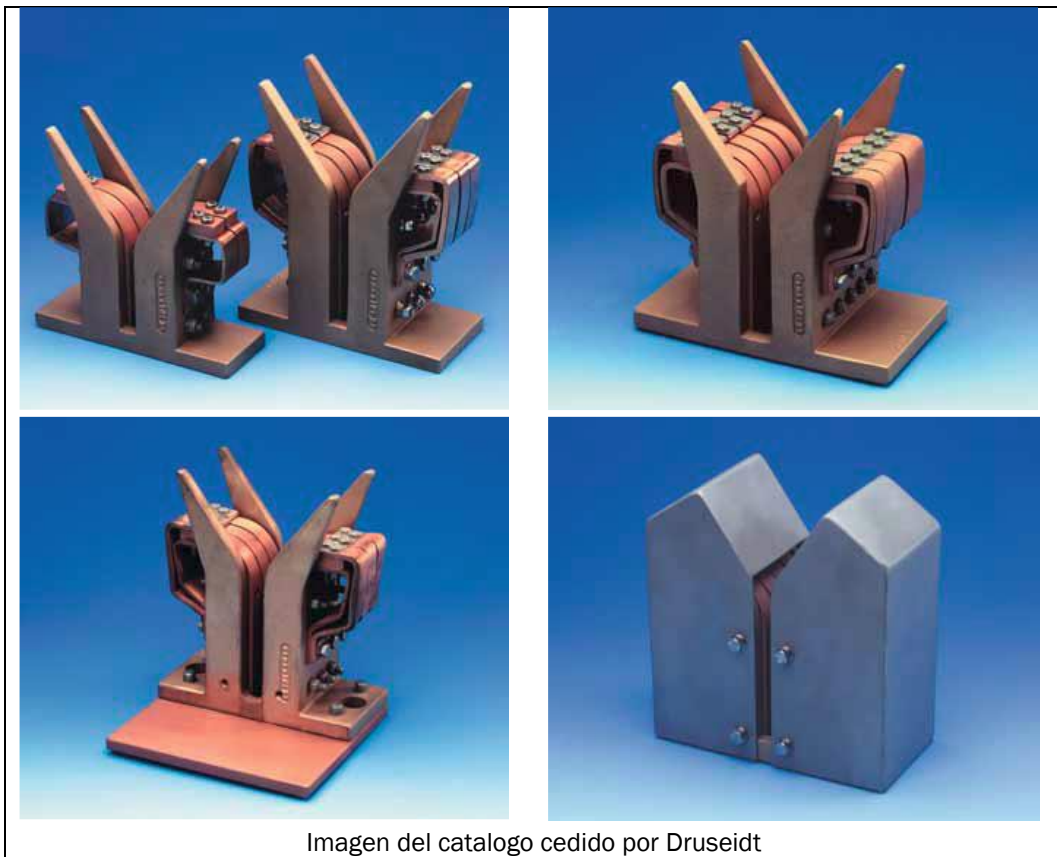
Máx. Carga	Dimensiones mm							Peso
	L	B	B <sub>1</sub>	H	H <sub>1</sub>	S	S <sub>1</sub>	
500 A	105	90	40	100	80	10	12	3,0
1000 A	105	110	60	100	80	10	12	4,5

### 5.2.3 Contactos entre tambor-rectificador

Los contactos entre el tambor y el rectificador serán los encargados de proveer de corriente eléctrica en corriente continua al cátodo desde el cable proveniente del rectificador y de sujeción del tambor a la cuba durante el tiempo que dura el proceso.

Los contactos que se muestran a continuación están suministrados por Druseidt, la cual tiene una gama con diferentes sistemas y amperajes. Las gamas de contactos mostrada están basadas en su versión estándar. La construcción del dedo o contacto es de cobre.

Estos contactos se suministran como un modelo de una sola pieza para espesor de barra 10, 15 ó 20 mm. Aunque el tamaño de instalación de la unidad es menor, las piezas se pueden intercambiar dependiendo de la exigencia del baño. Contiene una protección contra los daños ácidos y alcalinos por una de cubierta protectora. La cubierta protectora de acero inoxidable aumentará extensivamente la vida útil de los contactos y minimizan los costosos trabajos de reparación, así como los tiempos de inactividad.



En cuanto a los diferentes modelos a usar deberá cumplir los siguientes requisitos:

▪ <b>Desengrase electroquímico:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 10 \cdot 100 = 1000$
▪ <b>Cobre cianurado:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1,5 \cdot 100 = 150 A$
▪ <b>Cobre ácido:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 10 \cdot 100 = 1000 A$
▪ <b>Níquel brillante:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 8 \cdot 100 = 800 A$
▪ <b>Preplata:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1 \cdot 100 = 100 A$
▪ <b>Plata:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1 \cdot 100 = 100 A$

Modelos escogidos:

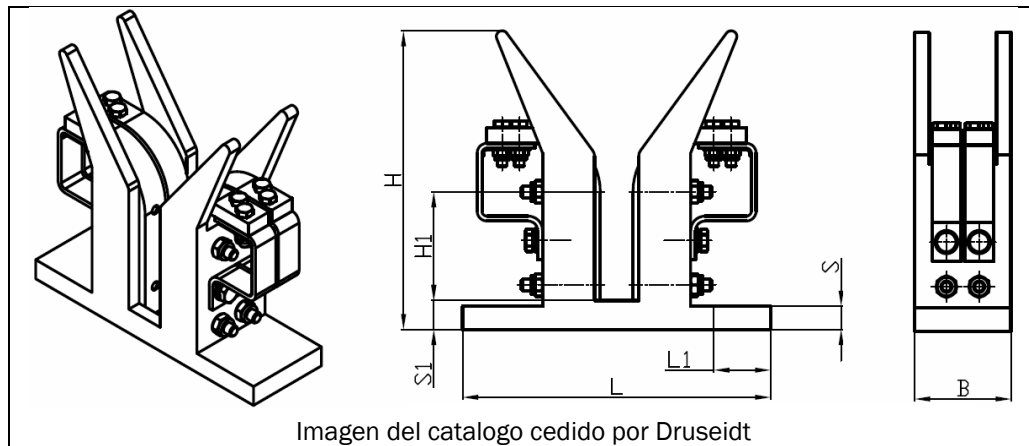


Imagen del catalogo cedido por Druseidt

Máx. Carga	Nº Contactos	Dimensiones mm							Peso
		L	L <sub>1</sub>	B	H	H <sub>1</sub>	S	S <sub>1</sub>	
250 A	2	160	35	50	150	60	12	15	3,10
1000 A	6	160	35	70	150	60	12	15	4,50
1000 A	6	160	35	70	150	85	12	15	5,10

Carcasas protectoras:

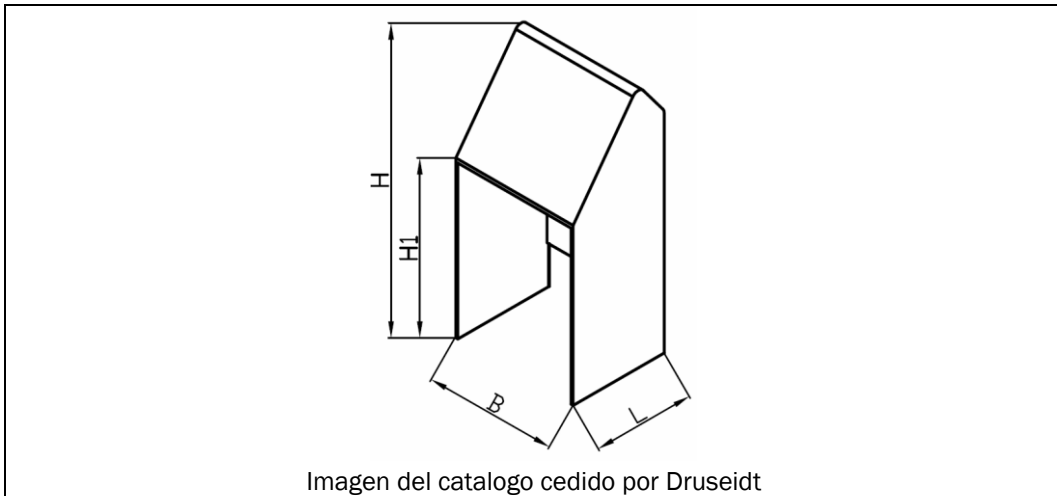


Imagen del catalogo cedido por Druseidt

Máx. Carga	Dimensiones mm			
	L	B	H	H <sub>1</sub>
250 - 500 A	75	54	155	90
750 - 1500 A	75	74	155	90
750 - 1500 A	75	74	185	120

**5.2.4 Bolsas anódicas**

Los ánodos deberán ir recubiertos para evitar que los residuos e impurezas entren en el baño de recubrimiento. Existen diversos tipos de bolsas, siendo la más usadas las de polipropileno debido a que dan una mayor durabilidad, también existen de algodón y otros materiales sintéticos. Es muy importante que en su colocación de no se dañen y estas deben quedar bien ajustadas al ánodo para que reciban una buena corriente anódica y se disuelvan de forma correcta.



También puede haber posibilidades como ya se ha nombrado del uso de bolsas sobre cestas de titanio o zirconio en caso del uso de ánodos en forma de granos o bolas.



Imagen de Anodenkorb

### 5.2.5 Sondas y control de temperatura

En la actualidad existen reguladores de temperatura controlados por microprocesadores que se utilizan para regular automáticamente la temperatura donde la precisión es importante.

Estos reguladores vienen con la posibilidad de ajustar varios valores, y actuar como protección antes subidas o bajadas de temperatura. Para ello se utilizan una sonda sumergidas en los baños con una gran precisión y una mínima precisión. Estas sondas suelen estar recubiertas de teflón PFA para estar protegidos del ataque químico y soportar temperaturas de hasta 200 °C.



Imagen del catalogo cedido por Druseidt

### 5.2.6 Resistencias térmicas

En el Anexo II, se estimaron las resistencias necesarias para calentar y mantener la temperatura de los baños constante. Se llegó a la conclusión, que la gran cantidad de electrolito haría falta de un gran consumo de energía para calentarlo en un tiempo entendible, por lo que se prefirió mantener los baños a una temperatura inferior durante las etapas sin uso y usar resistencias con la finalidad de mantener el baño a una temperatura deseada.

Baño	Potencia Calculada (W)	Potencia Instalada (W)
Desengrase por detergentes	2676,347	3000
Desengrase electroquímico	2676,347	3000
Cobre cianurado	1978,504	2500
Cobre ácido	428,913	1000
Níquel	1978,504	2500
Plata	428,913	1000



Imagen del catalogo cedido por Druseidt

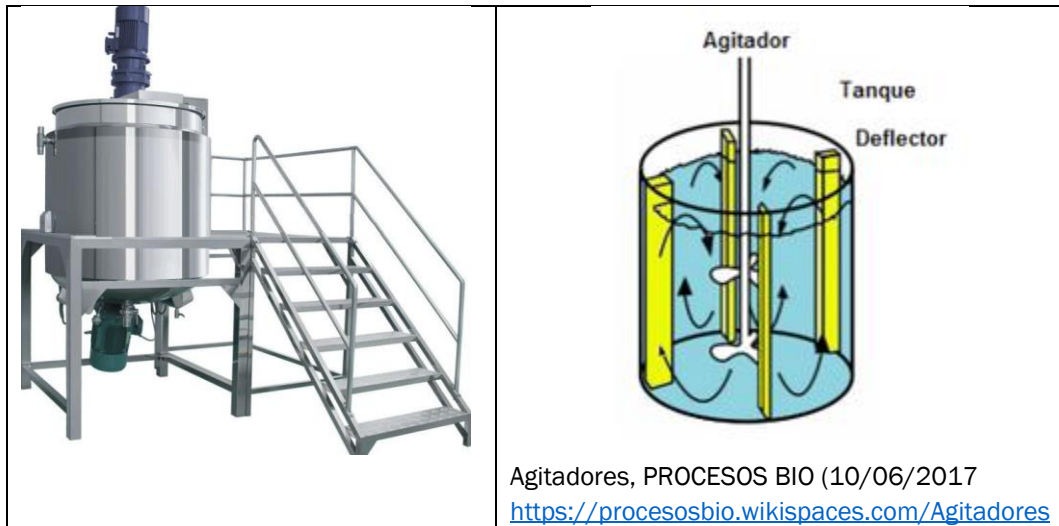
Estas sondas suelen estar construidas recubiertas de diversos materiales para tener una protección en el baño como puede ser de porcelana dura, vidrio técnico, cuarzo, titanio o PTFE.

### 5.3 Tanques para la preparación de disoluciones

Actualmente no disponemos de datos para durabilidad de los baños, pero está previsto su instalación en la línea. Al ser una línea considerada pequeña por el tamaño del total de sus baños (<30 m<sup>3</sup>) se instarán tanques con agitadores mecánicos para la preparación y conservación de baños para la reposición del resto de baños.

Su tamaño será dos veces la cantidad de baño utilizado en cada cuba, por lo que se necesitan unas cubas de aproximadamente 410 litros, y

Los tanques escogidos tendrán agitadores mecánicos, estarán sobre una estructura para poder trasvasar su contenido mediante gravedad.



El tamaño del depósito será de 450 litros para los baños y 980 para disponer en los baños de cobre cianurado.

### 5.4 Tambor rotativo

El tambor seleccionado para que recorra toda la línea debía ser específico para ser suspendido y transportado por pórticos automatizados, con un motor capaz de voltear las piezas y con una capacidad mínima de 10 kg.

En concreto el tambor seleccionado es provisto por “Druseidt” con las siguientes características:

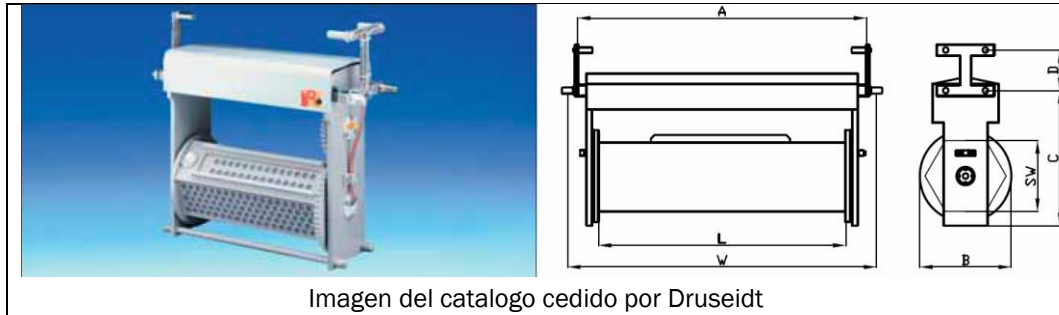


Imagen del catalogo cedido por Druseidt

Capacidad	Dimensiones (mm)						Motor CC	Peso tambor
	L	SW	A	B	C	D		
25 Kg	500	220	750	270	500	180	15 Nm	22,5 kg

El tambor será de polipropileno (PP) y está provisto de un motor de corriente continua capaz de funcionar a 6-12 V, con sentido de giro reversible. Nos da la posibilidad, en el caso necesario, de instalar un motor de 12-24 V en el caso de los baños que funcionen a otro voltaje y disponen de protección y reducción del amperaje necesario.

La perforación estándar es de 2 mm, con la posibilidad de que sean avellanados. Debido a que no está previsto hacer piezas más pequeñas a las citadas no se requiere una perforación de menor diámetro, aunque el proveedor da la posibilidad de hacer perforaciones de 1 y 0,5 mm de diámetro.

#### 5.4.1 Cables de contacto sellados

Estos cables son encargados de mejorar la distribución de la corriente en los cátodos, son cables flexibles que se intenta que estén continuamente en contacto con las partes más alejadas de las paredes del tambor.



Imagen del catalogo cedido por Druseidt

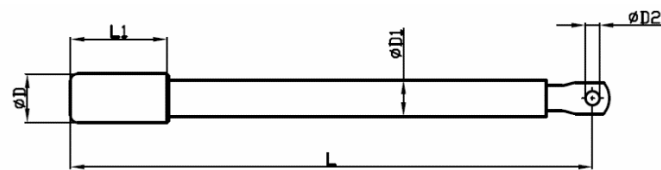


En el apartado de cálculos se llega a la conclusión de que es necesario estas secciones mínimas:

Baño	Sección (mm <sup>2</sup> )
Desengrase electroquímico	476
Cobre cianurado	44,625
Cobre ácido	238
Níquel brillante	238
Preplata/plata	59,5

Druseidt nos da una gama de cables recubiertos por un aislante impermeable y resistente a los agentes químicos de PVC para que su vida útil sea la mejor posible. Las cabezas de contacto no soldadas, sino que, insertadas a presión con el conductor interior, para prever filtraciones y que esté pueda sufrir deterioros por los agentes químicos. De esta forma se evita cualquier otro tratamiento y se reduce el peligro de romper el cable aumentando su vida útil.


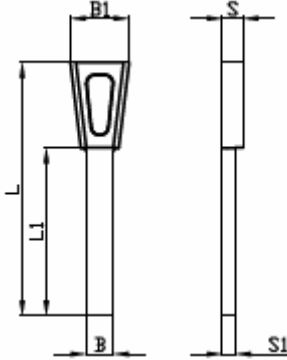
Para nuestra instalación usaremos el siguiente, el cual está determinado por la sección mínima más grande necesaria:



Sección (mm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)				
	L	L <sub>1</sub>	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
500	500	70	35	50	13

### 5.4.2 Contacto eléctrico

Este contacto será el encargado de transmitir la electricidad en corriente continua por contacto con el contacto dispuesto sobre la cuba. Esta pieza suministrada por Druseidt está construida en cobre y se dispone de los siguientes modelos:

										
	Imágenes del catalogo cedido por Druseidt									
	<b>Máx. Carga</b>	<b>Dimensiones mm</b>							<b>Peso</b>	
		<b>L</b>	<b>L<sub>1</sub></b>	<b>L<sub>2</sub></b>	<b>B</b>	<b>B<sub>1</sub></b>	<b>S</b>	<b>S<sub>1</sub></b>		
500 A	200	130	-	21	45	10	16	0,45		
500 A	135	70	35	19	45	15	16	0,35		
1200 A	135	70	35	30	65	15	16	0,50		

### 5.5 Unidad de filtrado

La unidad de filtrado se principalmente de cuerpo y bomba. La unidad se compone de un único bastidor donde están montados todos los componentes necesarios, junto con todas las canalizaciones y válvulas.



### 5.5.1 Bastidor de la unidad

El bastidor no tiene exigencias de material al no entrar en contacto con productos químicos por lo que podrá ser fabricado con perfiles extandar de acero o aluminio. El receptáculo donde se situarán los cartuchos filtrantes debe ser resistente a los productos químicos que van a ser usados en los diferentes procesos por lo que deberá ir fabricado de polipropileno, al menos su recubrimiento interior.

El cuerpo tendrá forma cilíndrica, forma más estandarizada en el sector, por lo que se asegura su compatibilidad con la mayoría de filtros del mercado.

### 5.5.2 Bomba

Actualmente los bastidores montan bombas centrífugas, aunque también hay alternativas de bombas de impulsión magnéticas y bombas de inmersión.

La potencia de la bomba deberá tener en cuenta el aumento de las perdidas hidráulicas en el circuito debido al aumento de la suciedad en el filtro. Cabe destacar que el filtrado del baño electrolítico tiene un mejor rendimiento a baja presión.

Las bombas más usadas en galvanotecnia por no requerir mantenimiento y no sufrir un desgaste excesivo por piezas mecánicas. Son capaces de conseguir caudales de 20000 l/h y presiones de hasta 2 kg/cm. El flujo de líquido a través de la bomba es producido por una turbina movida por un campo magnético.

Estas bombas pueden tener problemas a la hora de tratar con líquidos con demasiadas impurezas con partículas sólidas grandes, por lo que pueden requerir una malla previa que eviten su llegada a la bomba destruyéndola.

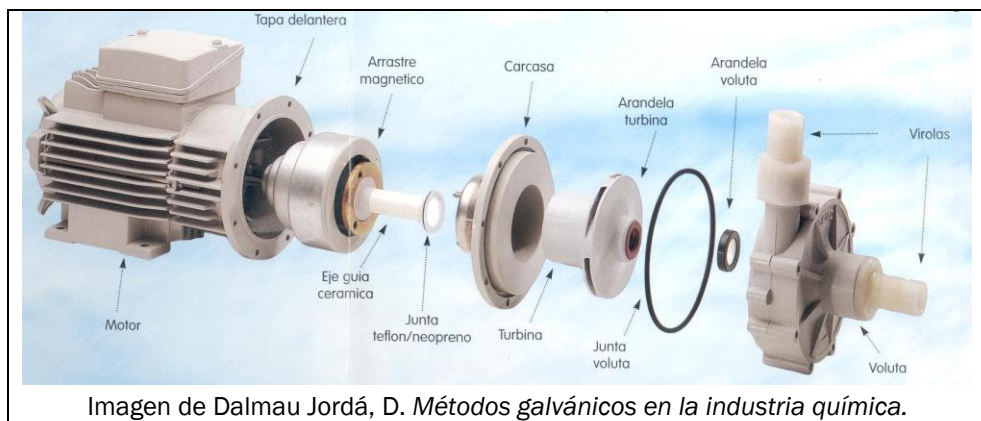


Imagen de Dalmau Jordá, D. *Métodos galvánicos en la industria química.*

Otro tipo de bomba serían aquellas de cierre mecánico. Este tipo de bomba es fácilmente regulable el flujo para tener en cuenta la suciedad en el filtro, y se consiguen presiones y caudales superiores

Tienen la desventaja de poder producirse posibles mezclas de aceite con el líquido electrolítico si no se realiza un mantenimiento conveniente a los diferentes retenes.



Imagen de Dalmau Jordá, D. *Métodos galvánicos en la industria química.*

Ambas pueden sufrir pérdidas de rendimiento de pequeñas pérdidas por goteo o pérdidas de rendimiento por reflujo interno.

Retenes de la bomba

Las bombas de cierre mecánico usan unos determinados retenes para evitar la mezcla entre el líquido en el rodete o turbina y el aceite que lubrica el eje del motor. Dependiendo de la resistencia al ataque químico se deberá utilizar un determinado material.

Tipo de baño	Tipo de Junta
Baños alcalinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carbón - Carbón</li> <li>▪ Nirosta - Carbón</li> <li>▪ Graflón - Carbón</li> <li>▪ Rulón - Carbón</li> </ul>
Baños ácidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carburo de silicio</li> </ul>

Los retenes de silicio también están recomendados cuando la bomba va a tener una gran carga de trabajo, tienen un precio elevado, pero una gran durabilidad. Estas juntas también ayudan a la durabilidad de la bomba debido a su gran dureza y resistencia, ayudado de una gran tecnología de fabricación, conlleva a una gran alineación del eje del motor con su carcasa.

### 5.5.3 Elementos conductores

Las tuberías o mangueras se deberán elegir en función de la entrada a la bomba, esto obligará a que la unidad de filtrado este correctamente dimensionada para evitar que haya problemas de flujo en las canalizaciones.

En el interior de la unidad de filtrado dichas tuberías serán rígidas fijas de un material que soporte la corrosión a los distintos acidos y aguante las condiciones de presión y temperatura. Actualmente los materiales más usados son acero ebonitado y polipropileno. En cuanto a las conexiones ente las cuba y la unidad podrán ser indistintamente flexibles o rígidas.

Por último, se recomienda que la toma de succión sea de un diámetro superior al de la instalación para asegurar el caudal necesario en la bomba.

### 5.6 Pórticos elevadores

Se necesitarán unos pórticos automatizados para el transporte entre baños de las cubas. Deberá tener una capacidad de 50 Kg para soportar el peso de las piezas, la cuba y el posible liquido arrastrado entre baños.

Estos pórticos están sustentados por carriles sobre los que se desplaza, una pequeña grúa con cierre y apertura horizontal de forma que pueda recoger los tambores correctamente, y un sistema de control conectado a un sistema de automatización de tenga presente los tiempos requeridos para cada baño y el lugar de los tambores.

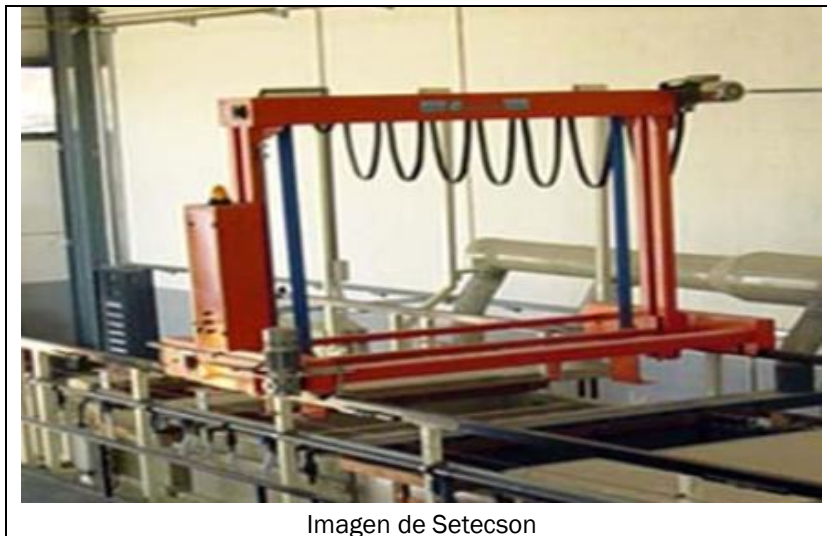
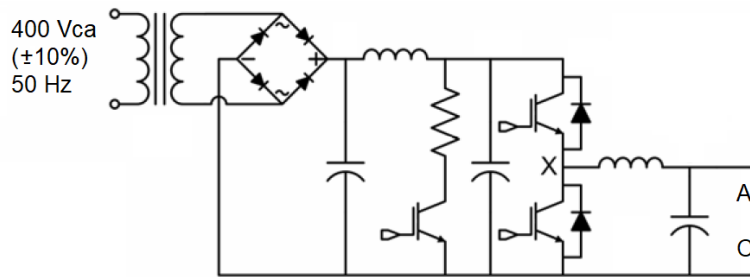


Imagen de Setecson

### 5.7 Rectificadores

La corriente continua es uno de los elementos más importantes en un proceso de recubrimiento electroquímico. La red suministra corriente alterna que será previamente pasado por el transformador adecuado para proveer la tensión correcta al rectificador, en nuestro caso cada rectificador contara con su respectivo cuadro de protección y serán provistos a 400 V en trifásico.

El rectificador será el encargado de transformar la onda senoidal a una onda continua. Esto es realizado en la actualidad mediante semiconductores que colocados en una determinada disposición. Nuestro rectificador será de onda completa para un mayor rendimiento el cual desarrollará un circuito interno parecido a este:



La descripción de este circuito empieza con un transformador conectado a una línea domestica (230 V – 50Hz) con un valor de 325 V de pico, que pasa por un transformador de aislamiento como protección del sistema. Después pasa por un rectificador de onda completa (puente de diodos) para así aportar tensión en corriente continua al resto del circuito la cual se filtra empleando una inductancia.

En paralelo disponemos de una resistencia de frenado para disipar potencia cuando la tensión continua exceda de un valor máximo admisible, la cual se activará mediante un transistor IGBT.

Finalmente pasa por el convertidor CC/CC, el cual deberá aportar el amperaje. Finalmente se filtrará mediante una bobina y un condensador para reducir el rizado de la señal.

Este circuito teórico deberá suplir las siguientes condiciones:

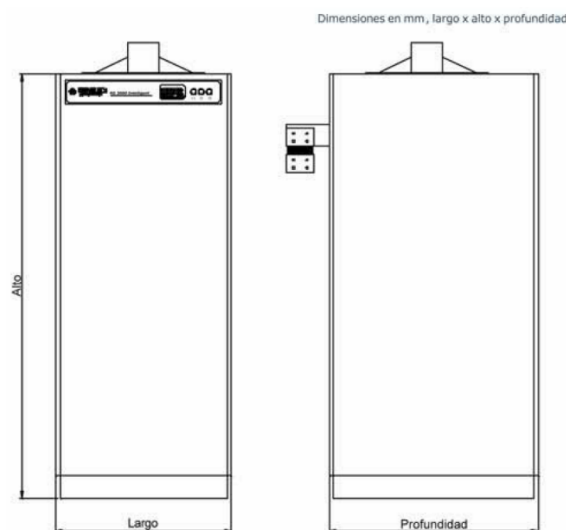
▪ <b>Desengrase electroquímico:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 10 \cdot 100 = 1000$
▪ <b>Cobre cianurado:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1,5 \cdot 100 = 150 A$
▪ <b>Cobre ácido:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 10 \cdot 100 = 1000 A$
▪ <b>Níquel brillante:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 8 \cdot 100 = 800 A$
▪ <b>Preplata:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1 \cdot 100 = 100 A$
▪ <b>Plata:</b>	$I = \rho_A \cdot A = 1 \cdot 100 = 100 A$

Para ello se elegido un rectificador Servelec modelo RGI/RGB, el cual se puede controlar mediante un programador digital y con un módulo de control digital remoto, pudiendo operar en modo generador de tensión o modo generador corriente, por lo que será posible establecer una tensión específica constante y variar la corriente o viceversa. También poseen un sistema de ventilación forzada para evitar la entrada de polvo, lo cual los hace idóneos para este entorno. Los rectificadores elegidos son los siguientes:

Características generales		
Tensión de alimentación	Vaa	230,400 ó 440
Rango de tensión	%	±10
Frecuencia	Hz	50 ó 60
Rango de frecuencia	%	±5
Tipo de rectificador	-	Onda completa de 6 pulsos
Rendimiento mínimo a máxima potencia	%	85
Tensión de salida	Vcc	5-250
Corriente de salida	Acc	150 a 12000
Temperatura ambiente	°C	0-40
Humedad relativa	%	<95 sin condensación

En cuanto al modelo específico, tenemos que tener que rendimiento es de un 85% por lo que habrá que suplir esta carencia:

Modelo	Corriente de salida (A)	Medidas
RGI 150	150	640x1000x940
RGI 300	300	790x1000x1340
RGI 1000	1000	790x1600x1340
RGI 2000	2000	790x1600x1540



### 5.7.1 Sección de los conductores

La sección calculada en el ANEJO II han resultado ser los siguientes para un conductor de cobre:

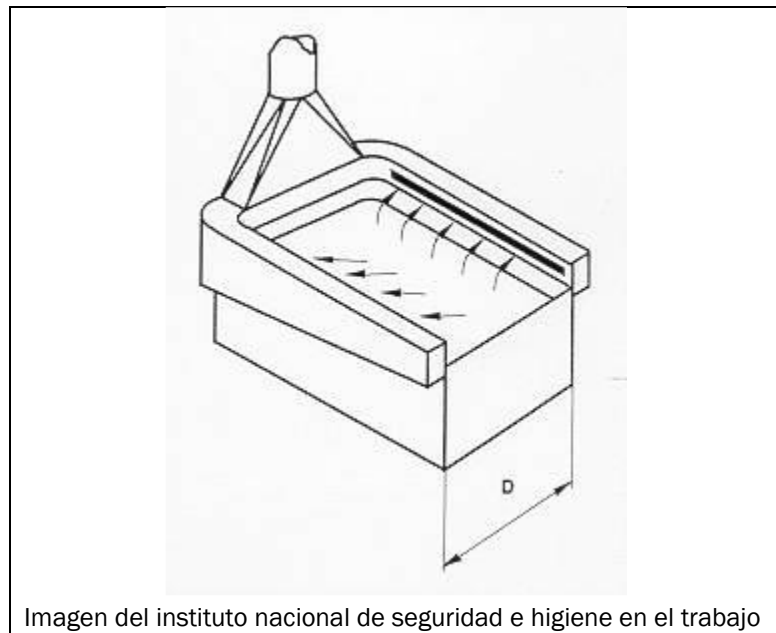
Baño	Sección
Desengrase electroquímico	3400 mm <sup>2</sup>
Cobre cianurado	320 mm <sup>2</sup>
Cobre ácido	1700 mm <sup>2</sup>
Níquel brillante	1700 mm <sup>2</sup>
Preplata	425 mm <sup>2</sup>
Plata	425 mm <sup>2</sup>

Determinados conductores de mayor sección deberán de ser de pletinas desnudas de cobre.

### 5.8 Extractores localizados

Para la prevención de gases nocivos y evitar la emisión de agentes contaminantes a la atmosfera será necesaria la instalación de capotas extractoras de forma localizada en las cubas de tratamiento.

Para ello se instalará un sistema de extracción lateral mediante un sistema de ventilación con rendija.





Este tipo de capotas se usan para una anchura comprendida entre 0,5 a 1,25 metros con una velocidad de extracción comprendida entre 0,5 a 1 m/s.

## **6 INSTALACIONES**

### **6.1 Electricidad**

A la hora de realizar la instalación eléctrica del edificio se tendrán en cuenta dos criterios: instalación de fuerza e instalación del alumbrado. Ambas instalaciones partirán del cuadro general de protección, dicho cuadro recibirá la alimentación a partir de una toma subterránea en forma de baja tensión.

En los distintos cuadros de alumbrado y protección irán todas las protecciones para las tomas fuerza, así como las luminarias.

Toda la instalación del edificio cumplirá la reglamentación recogida en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### **6.1.1 Descripción general**

##### **6.1.1.1 Electrificación del local**

Se seguirá la norma ITC-BT-25. Dicha norma establece que la altura de los conmutadores, pulsadores e interruptores que se encuentren en dominio público será de 1,1m.

Las tomas de corriente se colocarán a una altura de 50 cm en las paredes, evitando en la medida de lo posible el uso de bases schuko terrestres.

En lugares potencialmente peligrosos como cuartos de calderas, baños etc. Las tomas de corriente estarán situados a 1,1m.

##### **6.1.1.2 Dispositivos generales e individuales de protección**

El cuadro general estará en la parcela del edificio en la zona interior. En un armario de 1 metro de altura. Dicho cuadro estará situado en una sala anexa al taller, junto con otros equipos eléctricos. La instalación contendrá varios subcuadros situados según plano.

##### **6.1.1.3 Toma a tierra**

Se hará distinción entre las distintas tierras de este proyecto, en las que se encuentra la necesaria para el centro de transformación y las necesarias para las instalaciones interiores.

La toma tierra del cuadro general de protección se instalará una toma de tierra con conductor correctamente identificado, hasta un terminal metálico

y desde este a cada una de las picas a tierra dispuestas y unidas al forjado de las zapatas de cimentación según dicta la instrucción ITC-BT-18.

Se establece que para el cálculo de las protecciones de toma de tierra no podrá sobrepasar los 24 voltios en lugares de tránsito de conductores, y de 50 en el resto de zonas.

### 6.1.2 Conductores

Los conductores o cables que se emplearán en toda la instalación serán exclusivamente de cobre y estarán aislados excepto los que formen parte de la toma de tierra. La decisión de emplear cobre y no otros materiales como por ejemplo aluminio es debida a que la caída de tensión con este último material es mayor y el precio no justifica el empleo de otros conductores como el aluminio.

Conjuntamente con los conductores, y realizando funciones complementarias, están los materiales aislantes, los cuales presentan una resistencia muy alta al paso de la corriente eléctrica. Estos aislantes están realizados en plástico. Más concretamente en PVC o XLPE.

La sección de los conductores que van a ser empleados se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 5% para el circuito de fuerza y menor del 3% en alumbrado. No obstante, las secciones mínimas, independiente de los cálculos anteriores, serán de 2,5 mm<sup>2</sup> en fuerza y 1,5mm<sup>2</sup> en alumbrado. Los conductores que van del cuadro principal a los subcuadros irán dispuestos en manguera para igualar los efectos capacitivos.

La claridad a la hora de diseñar una instalación eléctrica provoca que se deba usar un código muy estricto para que sea fácil de identificar. El código que se seguirá en esta obra será un código de colores donde:

- Azul claro: Conductor neutro.
- Verde-Amarillo: Conductor de protección.
- Marrón-Negro: Conductor de fase.

Las intensidades máximas admisibles en servicio permanente para conductores aislados en canalizaciones fijas, y a una temperatura estándar de 40°C son las señaladas en la Tabla I de la ICT-BT-19.

Las conexiones se realizarán en el interior de las cajas de empalme. En ningún caso se permitirán uniones de conductores fuera de dichas cajas, es decir, queda terminantemente prohibida la unión de cables mediante retorcimientos o arrollamientos entre sí. Para la unión de dos cables se

utilizarán los bordes de los mismos montados individualmente o con bloques o regletas de conexión.

### **6.1.3 Toma de corriente**

Estarán diseñadas de forma que su conexión o desconexión al circuito alimentador no se pueda realizar con parte de tensión al descubierto. Dispondrá de contactos de toma de tierra, la cual deberá haberse conectado previamente a la tensión.

### **6.1.4 Conexiones**

Como se ha expuesto anteriormente, queda terminantemente prohibida la conexión de cables mediante enrollamientos o retorcimientos. Las conexiones entre cables deberán de realizarse en cajas de empalme o regletas de conexión. Para facilitar el registro y el control de estas cajas, éstas contarán con un acceso fácil y sencillo.

### **6.1.5 Sistema de instalación**

En caso de proximidad entre instalaciones eléctricas con otra no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de 3cm, no obstante, se admitirá una distancia si ambas instalaciones cuentan con las medidas adecuadas de seguridad y por motivos de peso no pudiera haber la mínimas separación exigida.

En caso de coexistencia entre instalación eléctrica y de calefacción, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no se pueda alcanzar una temperatura peligrosa separándose con pantallas calorífugas si fuese necesario.

En caso de coexistencia entre instalación de saneamiento y de calefacción, la instalación eléctrica estará protegida por un canal de protección IP66.

Preferiblemente las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, a menos que estas canalizaciones estén protegidas como se ha expuesto anteriormente.

Toda la instalación eléctrica deberá de estar dispuesta de forma que se facilite su maniobra, reparación e inspección. Se establecerán periódicamente revisiones para comprobar el correcto funcionamiento de la misma.

### 6.1.6 Tubos y canales protectores

Las canalizaciones contienen en su interior los distintos cables, hilos y en general los conductores eléctricos de las instalaciones, protegiéndolos de las agresiones mecánicas (golpes, esfuerzos, ...), eléctricas (entre distintos conductores), químicas (corrosión, ...).

La superficie interior de los tubos no deberá presentar aristas o salientes que puedan dañar a los cables o a los operarios durante la instalación.

Para tubos en canalizaciones fijas en superficie los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 1 de la ITC.BT-21 del REBT. Para tubos en canalizaciones empotradas en obras de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectoras de obra, los tubos podrán ser rígidos, curvables o flexibles y sus características mínimas serán las indicadas en la tabla 3 de la ITC-BT-21 del REBT.

#### Instalación y colocación de tubos:

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación. Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores. Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.

Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación. Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su

profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse, asimismo, la utilización de bridas de conexión. El retorcimiento o arrollamiento de conductores no se refiere a aquellos casos en los que se utilice cualquier dispositivo conector que asegure una correcta unión entre los conductores, aunque se produzca un retorcimiento parcial de los mismos y con la posibilidad de que puedan desmontarse fácilmente.

Durante la instalación de los conductores para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.

A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc.) las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

- Pantallas de protección calorífuga.
- Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
- Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
- Modificación del material aislante a emplear.

#### Montaje fijo en superficie:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,5 m. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos. Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios. En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores a 2 %. Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 m sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños

mecánicos. En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separado entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

#### Montaje fijo empotrado:

En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor, como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 cm. No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores. Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 cm de espesor, como mínimo, además del revestimiento. En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.

Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

#### Montaje bandejas de cables

Las bandejas de cables irán distribuidas a lo largo de la nave-taller sujetadas a las vigas de los pórticos. Esta opción será utilizada para la instalación de los cuadros de las maquinas.

#### Instalación y colocación de canales protectoras:

Las canales serán conformes a lo dispuesto en la norma UNE-EN 50085 y serán no propagadoras de la llama de grado IP4X o superior. El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación. Las canales con conductividad eléctrica deben

conectarse a la red de tierra. No se podrán utilizar las canales como conductores de protección o de neutro. Su tapa quedará siempre accesible.

### 6.1.7 Protecciones

La instalación debe estar protegida contra contactos directos e indirectos y contra los efectos de sobretensiones o sobreintensidades que se puedan producir en dicha instalación.

Para tal fin se emplearán dispositivos de protección; los cuales estarán instalados en el origen de los circuitos que protegen y según las instrucciones técnicas: ITC-BT-22, ITC-BT-23 y la ITC-BT-24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Dichos dispositivos deberán:

- Soportar la influencia de los agentes exteriores mediante un grado conveniente de protección de acuerdo con sus condiciones de instalación.
- Llevar marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo para las que han sido construidos.
- Ser los adecuados a los circuitos a proteger respondiendo en su funcionamiento a las curvas intensidad.
- Cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre.

En la instalación proyectada vamos a emplear los siguientes dispositivos:

- La protección contra sobretensiones está asegurada por estar el neutro conectado a tierra.
- La protección contra sobreintensidades está asegurada con interruptores automáticos. En caso de sobrecarga actúa la desconexión térmica y en caso de cortocircuito actúa el dispositivo magnético.
- La protección contra contactos directos consistirá en el aislamiento de las partes activas de la instalación.
- La protección contra contactos indirectos se basa en la puesta a tierra de las masas y empleará un dispositivo de corte sensible a la intensidad de fuga: interruptor diferencial.
- El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual, el interruptor diferencial debe abrir automáticamente la instalación a proteger, determina la sensibilidad del aparato.
- Elegiremos interruptores diferenciales bipolares o tetrapolares, según convenga.

- Por otra parte, cabe mencionar que los interruptores diferenciales de alta sensibilidad aportan una protección muy eficaz contra incendios, al limitar a potencias muy bajas las eventuales fugas de energía eléctrica por defecto de aislamiento.
- La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que se ha tenido en cuenta al proyectar la instalación. Mediante la selectividad se coordinan los dispositivos de corte automático para que un defecto producido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor automático colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo por él.
- Cada circuito estará protegido con su correspondiente interruptor magnetotérmico calibrado según la intensidad que circule por dicho circuito.
- Se van a utilizar interruptores diferenciales de 30 y magnetotérmicos de diferentes intensidades.

#### 6.1.7.1 Sección de los conductores de protección

Los conductores de protección tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación, según lo indicado en la Norma UNE 20460-5-54.

Con un mínimo de:

- 2,5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

### 6.1.8 Elección de diseño y características de cada instalación

#### 6.1.8.1 Exterior del edificio

No se instalará alumbrado en la parte no edificada del edificio.

#### 6.1.8.2 Interior de la zona de administración

- **Planta baja**

##### Entrada

Estará alumbrado por 10 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 1 base schuko.



### Aseo 1

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

### Aseo 2

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

### Vestuario 1

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

### Vestuario 2

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

### Pasillo

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y contará con 1 base shuko.

### -Distribuidor (Escaleras)

Estará alumbrado por 3 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y contará 2 base schuko.

### -Sala de control

Estará alumbrado por 2 PHILIPS TBH375 2xTL5-49W HFP de 108 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 4 bases schuko.

### -Laboratorio

Estará alumbrado por 6 PHILIPS TBH375 2xTL5-49W HFP de 108 W. También contará con dos luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 5 bases schuko.

- **Primera planta**

Escaleras

Estará alumbrado por 4 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con dos luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 1 base schuko.

Despacho 1

Estará alumbrado por 3 PHILIPS TBH375 2xTL5-49W HFP de 108 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 2 bases schuko.

Despacho 2

Estará alumbrado por 6 PHILIPS TBH375 2xTL5-49W HFP de 108 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 4 bases schuko.

Sala de Juntas

Estará alumbrado por 3 PHILIPS TBH375 2xTL5-49W HFP de 108 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 3 bases schuko.

Zona de descanso

Estará alumbrado por 2 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 1 base schuko.

Aseo 3

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

Aseo 4

Estará alumbrado por 1 PHILIPS RC360B G2 POE W30L120 de 25 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216 y una base schuko

- Interior de la nave

Se expone a continuación las luminarias y conectores de la nave sin tener en cuenta los cuadros necesarios para las máquinas.

### Zona de producción

Estará alumbrado por 13 PHILIPS TPS473 3xTL5-73W HFP AC-MLO de 239 W. También contará con 5 luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

### Almacén

Estará alumbrado por 8 PHILIPS TPS473 3xTL5-73W HFP AC-MLO de 239 W. También contará con 4 luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 3 base schuko.

### Almacén productos químicos

Estará alumbrado por 6 PHILIPS TPS473 3xTL5-73W HFP AC-MLO de 239 W. También contará con dos luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 3 base schuko.

### Zona de aguas

Estará alumbrado por 2 PHILIPS TPS473 3xTL5-73W HFP AC-MLO de 239 W. También contará con 8 luminarias de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

Esta sala contará 1 base schuko y otra toma trifásica

### Zona eléctrica

Estará alumbrado por 1 PHILIPS TPS473 3xTL5-73W HFP AC-MLO de 239 W. También contará con una luminaria de emergencia de modelo Philips Pacific TCW216.

## **6.1.9 Régimen del neutro**

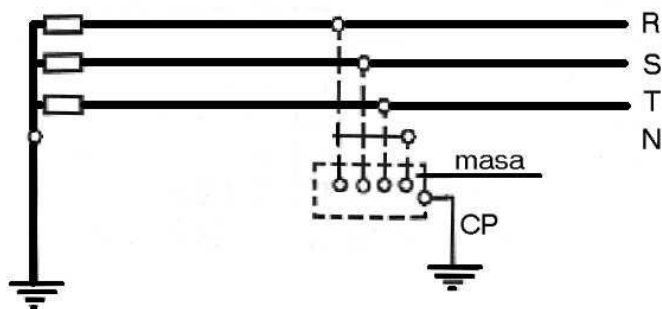
Las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades dependen de la disposición del neutro de la instalación.

Los esquemas de conexión se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución y de las masas de la instalación receptora.

Existen tres tipos de sistemas de puesta a tierra utilizados en instalaciones de baja tensión. Para nuestro caso, vamos a elegir el esquema TT.

El esquema elegido es el TT, donde las masas de las instalaciones estarán interconectadas y puestas en un solo punto directamente a tierra en toda la instalación, separada de la toma de tierra de la alimentación. Los dispositivos de protección que se instalen deberán proveer una protección de personas y bienes.

Un dispositivo diferencial, instalado en el comienzo de la instalación, realizará el disparo en el momento en que se produzca un defecto de aislamiento. El conductor neutro debe ser identificado adecuadamente. En este esquema las intensidades de defecto fase-masa, o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, y aun así pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.



En general, el bucle de defecto incluye resistencia de paso a tierra en alguna parte del circuito de defecto, lo que no excluye la posibilidad de conexiones eléctricas, voluntarias o no, entre la zona de la toma de tierra de las masas de la instalación y la de la alimentación. No se tendrá en cuenta las posibles conexiones entre ambas zonas de toma de tierra para la determinación de las condiciones de protección.

#### 6.1.10 Instalación de puesta a tierra

Se denomina toma de tierra a cualquier unión eléctrica directa, sin ninguna protección, de una parte, de un circuito eléctrico con una parte conductora no perteneciente a este circuito mediante una toma de tierra con un grupo de electrodos enterrados en el suelo.

El objetivo de cualquier circuito de toma de tierra es evitar la existencia de diferencias de potenciales muy elevadas, y por tanto peligrosas, en la superficie y sus proximidades, dicho circuito también debe de ser capaz de permitir el paso a la tierra de las descargas atmosféricas.

La toma de tierra está formada por cables de recobres desnudos de 35mm<sup>2</sup> de sección, enterrados inmediatamente encima de las zapatas. Para realizar la instalación serán necesarios 200m de cable de cobre.

Para completar la instalación de la toma de tierra también se instalarán 8 picas de acero de 2 metros de altura, revestidas con cobre alrededor de todo el perímetro.

En los circuitos de toma de tierra no se incluirán elementos metálicos, tampoco se incluirán seccionadores, interruptores o fusibles.

#### **6.1.11 Cuadro General de Baja Tensión**

Los cuadros de protección se utilizan para la protección contra contactos indirectos y sobrecargas y para la distribución de cada uno de los circuitos que componen la instalación interior del centro comercial.

Los cuadros de protección estarán formados por armarios tipo LEGRAND o similar para empotrar, en chapa, con doble capa de imprimación, con estructura monobloc cerrada y protección IP-43-IK 08, con puerta, placas aislantes y bornes de tierra y capacidad de 96 módulos

#### **6.1.12 Subcuadros**

Los subcuadros estarán situados a una altura mínima de 1m desde el suelo y tendrán una envolvente con un grado de protección mínimo IP30 e IK07.

Estos subcuadros dispondrán como mínimo de un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y esté dotado de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

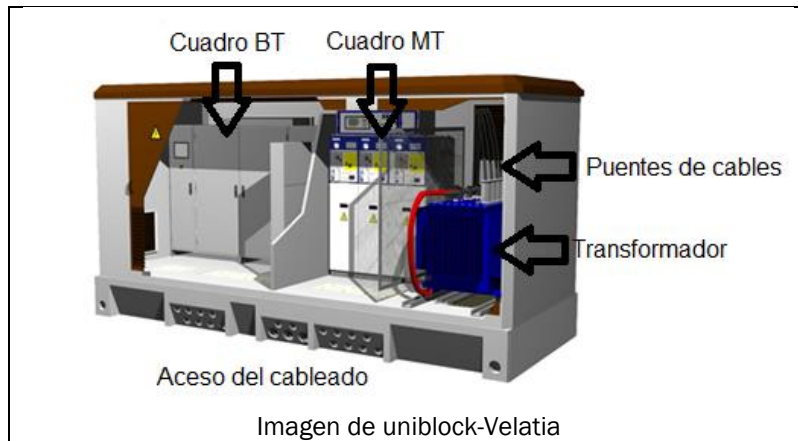
#### **6.1.13 Centro de transformador**

El centro de transformación se situará en el borde de la parcela, en una caseta prefabricada con acceso a la compañía que suministre el servicio.

El centro de transformación deberá estar diseñado según la norma UNE-EN 62271-202, deberá tener su propia puesta a tierra y estará dividido entre la zona de compañía donde se encontrará el centro de transformación y la zona de abonado donde se encuentren las celdas del transformador.

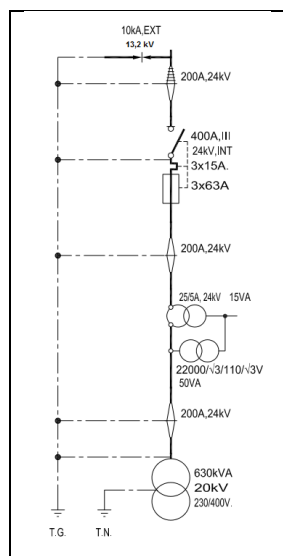
El transformador contará con un cuadro de media tensión con un aislamiento de hasta 36 Kv con varias unidades de llenado de aceite e interconexiones de MT y BT directas por cable.

La caseta prefabricada estará hecha de hormigón monobloque con cubierta retirable y con puertas de accesos con su correspondiente cerradura. Deberá disponer de un foso de recogida de aceite y un lecho de guijarros cortafuegos.



El centro de transformación deberá disponer de dos circuitos de tierra internos para su conexión al exterior, donde se conectará los distintos objetos metálicos de la instalación que se encuentren en su interior que no tengan corriente.

Los elementos mínimos de los que dispondrá el centro de transformador serán de una toma externa de media tensión, con un seccionador, una celda de medida, una celda de interruptores y el transformador como muestra el siguiente unifilar ejemplo.



## **6.2 Red de agua fría**

### **6.2.1 Condiciones de suministro**

La conducción se hará a través de tuberías de distintos materiales y diámetros según las características que se necesiten en cada caso y dicha conducción se puede hacer mediante bombas o por gravedad. Las tuberías se colocarán por debajo de la solera, debidamente colocadas, de tal forma que en caso de avería o fuga su detección y reparación pueda ser rápida y sencilla.

La otra opción de distribución de tuberías es la distribución por el suelo de la propia planta. Ésta es la distribución que se utilizó durante mucho tiempo, pero en realidad no presenta ninguna ventaja especial y sí problemas en el caso de existir fugas. En primer lugar, es difícil de detectar que se ha producido dicha fuga, con lo cual estamos perdiendo agua, además para saber la localización exacta y poder acceder a la tubería hay que levantar el suelo hasta alcanzar dicha fuga.

### **6.2.2 Sistema de instalación**

Red con contador general único, según el esquema dispuesto en los planos, y compuesta por la acometida, la instalación general que contiene un armario o arqueta del contador general, un tubo de alimentación y un distribuidor principal; y las derivaciones colectivas.

### **6.2.3 Acometida e instalación general**

La acometida dispondrá de una llave de toma, sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida. Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general. Y una llave de corte en el exterior de la propiedad.

Para la instalación general se dispone de las siguientes características para los elementos:

- La instalación general dispondrá de la citada llave de corte general que servirá para interrumpir el suministro al edificio, y estará situada dentro de la propiedad, en una zona de uso común, accesible para su manipulación y señalada adecuadamente para permitir su identificación. Si se dispone armario o arqueta del contador general, debe alojarse en su interior.

- El filtro de la instalación general debe retener los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general. El filtro es de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50  $\mu\text{m}$ , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro.

#### 6.2.4 Alojamiento del contador principal

El armario de alojamiento estará construido en los límites de la parcela de tal forma que una fuga de agua no afecta al edificio y sea accesible desde el exterior. A tal fin, estará impermeabilizada y contará con un desagüe en su fondo que garantiza la evacuación del caudal de agua máximo previsto en la acometida. El desagüe lo conformará un sumidero de tipo sifónico provisto de rejilla de acero inoxidable recibida en la superficie de dicho fondo. El vertido se hará directamente a la red pública de alcantarillado.

El armario del contador general contendrá, dispuestos en este orden, la llave de corte general, un filtro de la instalación general, el contador, una llave, racor de prueba, una válvula de retención y una llave de salida. La instalación está realizada en un plano paralelo al del suelo.

#### 6.2.5 Distribución

La distribución se realiza por las zonas comunes, se dispone en un plano paralelo al suelo y a una distancia de 290 cm de la planta. Se dispone de llaves de corte en todas las derivaciones a zona húmedas, para que en caso de avería no deba interrumpirse el suministro.

Las ascendentes disponen en su base de válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y una llave de paso con grifo de vaciado señalado de forma conveniente. La válvula de retención se dispondrá en primer lugar, según el sentido de circulación del agua.

En la parte superior debe instalarse dispositivos de purga manuales con un separador que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.



Todos los puntos de consumo dispondrán de llaves de corte individuales.

La instalación de distribución estará compuesta por tubos de cobre, según Norma UNE EN 1057:1996 y estarán señalados convenientemente de azul oscuro. Los tubos estarán sujetos a la pared mediante soportes o abrazaderas en el caso de las ascendentes. Estos nunca estarán situados sobre los propios tubos, disponiendo un elemento elástico entre el soporte y el tubo.

### **6.2.6 Separación de otras instalaciones**

El tendido de las tuberías de agua fría se hace de tal modo que no resultan afectadas por los focos de calor y por consiguiente discurren siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 10 cm. Por lo que cuando las dos tuberías están en un mismo plano vertical, la de agua fría discurre siempre por debajo de la de agua caliente.

Las tuberías discurren por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30 cm.

## **6.3 Instalación de agua caliente sanitaria**

### **6.3.1 Producción de ACS**

La producción de ACS se llevará un calentador a gas marca Junkers con una capacidad de producción de 18 l/s, de bajo consumo, encendido por hidrogenerador y compatible con una posible futura instalación solar.

### **6.3.2 Distribución**

La distribución se realiza por las zonas comunes, se dispone en un plano paralelo al suelo y a una distancia de 300 cm de la planta. Se dispone de llaves de corte en todas las derivaciones a zona húmedas, para que en caso de avería no deba interrumpirse el suministro.

Las ascendentes disponen en su base de válvula de retención, una llave de corte para las operaciones de mantenimiento, y una llave de paso con

grifo de vaciado señalado de forma conveniente. La válvula de retención se dispondrá en primer lugar, según el sentido de circulación del agua.

En la parte superior debe instalarse dispositivos de purga manuales con un separador que reduzca la velocidad del agua facilitando la salida del aire y disminuyendo los efectos de los posibles golpes de ariete.

Todos los puntos de consumo dispondrán de llaves de corte individuales.

La instalación de distribución estará compuesta por tubos de cobre, según Norma UNE EN 1 057:1996 protegida con macarrón flexible de PVC para que, además de aislarla térmicamente, facilite la libre dilatación del material que se va a producir por las variaciones de temperatura del agua y estarán señalados convenientemente de rojo oscuro.

Los tubos estarán sujetos a la pared mediante soportes o abrazaderas en el caso de las ascendentes. Estos nunca estarán situados sobre los propios tubos, disponiendo un elemento elástico entre el soporte y el tubo.

## 6.4 Instalación de saneamiento

El objetivo de la instalación de saneamiento es la evacuación de aguas residuales y pluviales, desde los puntos de recogida, hasta la acometida de la red de alcantarillado.

Los criterios seguidos son los siguientes:

- El trazado de las instalaciones se divide en dos circuitos, uno para aguas fecales y pluviales, que van desde la zona de oficinas que van directamente de los sanitarios a la red de alcantarillado.
- Los aparatos se situarán buscando la agrupación alrededor de la bajante, quedando los inodoros a una distancia no superior a 1 metro de la bajante.
- Se colocarán botes sifónicos en duchas e inodoros, siendo la distancia de estos a la bajante no mayor a 2 metros y la distancia de los aparatos a los botes sifónicos no debe ser superior a 2.5 metros con una pendiente de 2%.
- Se preverán arquetas en la red enterrada y registros en la red suspendida, en los pies de bajante, encuentros de colectores, y en general todos los puntos de la red en los que se puedan producir atascos. La conducción ente arquetas o registros será de tramos rectos y pendiente uniforme (2%).
- Las bajantes de aguas residuales quedaran ventiladas en su extremo superior.

- La acometida a la red de alcantarillado, se realizará según la CTE-HS5.

Para establecer la instalación de saneamiento se ha seguido las normas regidas por:

- Código Técnico de Edificación (CTE-HS5)
- Normas Subsidiarias de Planeamiento Municipal

La instalación de evacuación de aguas residuales se compone de desagües de lavabos y duchas, que van a bote sifónico en caso de no disponer de sifón propio y de ahí al sistema de recogida de aguas fecales, y urinarios y sanitarios, que van directamente por las tuberías, a la red de alcantarillado.

#### **6.4.1 Colectores**

Según el CTE-HS5 se pondrán colectores con un diámetro calculado dependiendo de sus necesidades con pendiente de 2% para resistir el caudal de las derivaciones individuales. Los colectores también serán de PVC.

#### **6.4.2 Botes sifónicos**

- Deben conectarse a las bajantes.
- La distancia del bote sifónico a la bajante no debe ser mayor que 2 metros.
- Las derivaciones que acometan al bote sifónico deben tener una longitud igual o menor que 2,50 metros, con una pendiente del 2%.

#### **6.4.3 Sumideros**

Los tenemos en cada lavabo y ducha que absorbe el agua para llevarlo a las bajantes o sifones. Dichos sumideros son de 40 mm de diámetro para duchas y de 32 mm de diámetro para lavabos.

La disposición de estos sumideros será la siguiente: Con manguetón de plomo, irá soldado en un extremo al manguito de desagüe del sumidero, previo abocardado al menos de una longitud igual a su diámetro. Se colocará sobre lecho de masilla asfáltica y enrasado con el pavimento. En los casos no indicados bote sifónico, se instalarán sifones individuales.

#### 6.4.4 Instalación de evacuación de aguas pluviales

El diámetro preciso para cada tramo de las derivaciones, bajantes y colectores se determinará según CTE-SH5: Evacuación.

Para ello se tendrá en cuenta:

- El número de aparatos evacuados por cada tramo.
- La pendiente de la tubería en cada tramo.
- La superficie de la cubierta que se evacua por el tramo en estudio y la zona pluviométrica en la que se situará el edificio.

La instalación de evacuación de aguas pluviales utiliza bajantes, y estos se unen a las arquetas, llegando finalmente a un depósito destinado a estas aguas.

#### 6.4.5 Arquetas

Hemos colocado arquetas como colectores para recoger toda el agua que baja de las bajantes de la cubierta. Estas arquetas son rectangulares de 55x55 y recogen todas las aguas fluviales para de aquí llevarlas al depósito correspondiente.

#### 6.4.6 Bajantes

El dimensionado de las bajantes debe realizarse de forma tal que no se rebase el límite de  $\pm 250$  Pascales de variación de presión y para un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no sea mayor que  $1/3$  de la sección transversal de la tubería. Nuestras bajantes son de 160 mm de diámetro.

## 7 EQUIPAMIENTO

El equipamiento necesario para esta instalación, daremos solo el necesario para las instalaciones anteriormente descritas. Dejando a la elección del propietario otras como las necesarias para equipar el taller.

Por lo que el equipamiento para esta nave se dará únicamente la necesaria para los baños. Los cuales tendrán cada uno lo siguiente:

### Aseos:

Los aseos de la planta baja dispondrán, los cuales serán 2 inodoros individuales y 2 lavabos apareados, mientras que los de la primera planta dispondrán un lavado y 1 inodoro individual.

- **Lavabo:** Lavabo de material acrílico blanco, de 55x50 cm. Colocado sobre una encimera con un mueble con acabados en madera.
- **Inodoro:** Inodoro de porcelana vitrificada en blanco, de tanque bajo, colocado mediante tacos y tornillos al solado, incluso sellado con silicona y compuesto por: taza, tanque bajo con tapa y mecanismos y asientos con tapa lacados, con bisagras de acero. Dichos Inodoros estarán dispuestos en compartimento individuales fabricados con tableros de fibras fenólicas con una puerta de acción única con pestillo interno para mejoras la privacidad.

### Vestuarios:

Ambos baños de la planta baja dispondrán de los mismos elementos, los cuales serán 2 inodoros individuales, 2 platos de ducha y 2 lavabos apareados.

- **Lavabo:** Lavabo de material acrílico blanco, de 55x50 cm. Colocado con anclajes a la pared, con grifo temporizado.
- **Plato de ducha:** Plato de ducha acrílico, de escuadra, de 80x80 cm. y soporte articulado, blanco. Al igual que los inodoros dispondrán de un compartimento individual de tableros de fibras fenólicas, esta vez previamente tratada para soportar la humedad, con una puerta de acción única con pestillo interno para mejorar la privacidad.

## 8 NORMATIVA APLICADA

### Normativa urbanística estatal

-Ley 6/1998, de 13 de abril sobre régimen del suelo y valoraciones. B.O.E. 15.05.98

### Normativa urbanística de Castilla y León

-Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de la Comunidad de Castilla y León. B.O.C y L. 10.12.98

-Ley de Ordenación de la Edificación. LEY 38/99, de 5-noviembre, del Ministerio de Fomento. B.O.E.: 6-NOV-99 (La presente Ley entró en vigor el día 6 de mayo de 2.000)

## 8.1 Estructuras

### Acciones de la edificación

-Norma Básica de la edificación-NBE-AE-88 "Acciones en la edificación". REAL DECRETO 1370/1988, de 11-noviembre, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 17-NOV-88

-Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación (NCSE-95). REAL DECRETO 2553/1995, de 29-DIC, del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. B.O.E.: 8-FEB-95

### Acero

-Norma Básica de la edificación "NBE EA-95" estructuras de acero en edificación. REAL DECRETO 1829/1995, de 10-NOV, del Ministerio de Obras Públicas, Urbanismo, y Medio Ambiente B.O.E.: 18-ENE-96

### Fábrica de ladrillos

-Norma Básica de la edificación "NBE-FL-90" muros resistentes de fábrica de ladrillo REAL DECRETO 1723/1990, de 20-DIC, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo B.O.E.: 5-ENE-91

### Hormigón

-Instrucción de Hormigón Estructural "EHE". REAL DECRETO 2661/1998,11-DIC, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 13-ENE-99

-Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado "EF-96" REAL DECRETO 2608/1996,20-DIC, del Ministerio de Fomento. B.O.E.: 22-ENE-97. Corrección errores: 27-MAR-97

### Forjados

-Fabricación y empleo de elementos resistentes para pisos y cubiertas REAL DECRETO 1630/1980, de 18-JUL, de la Presidencia del Gobierno B.O.E.: 8-AGO-80

## 8.2 Cubiertas

-Norma Básica de edificación "NBE-QB-90" cubiertas con materiales bituminosos. REAL DECRETO 1572/1990, de 30-NOV, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. B.O.E.: 7-DIC-90

-Actualización del apéndice “Normas UNE de referencia” del anejo del Real Decreto 1572/1990 “Norma Básica de edificación "NBE-QB-90" cubiertas con materiales bituminosos”. ORDEN, de 5-JUL-96, del Ministerio de Fomento. B.O.E.: 25-JUL-96

### **8.3 Protección Aislamiento térmico**

-Norma Básica "NBE-CT-79" sobre condiciones térmicas de los edificios REAL DECRETO 2529/1979, de 6-JUL, de la Presidencia del Gobierno B.O.E.: 22-OCT-79

### **8.4 Instalaciones**

#### **8.4.1 Agua**

-Normas Básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua ORDEN de 9-DIC-75, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 13-ENE-76. Corrección errores: 12-FEB-76

#### **8.4.2 Calefacción y agua caliente sanitaria**

-Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas complementarias (ITE) y se crea la comisión asesora para instalaciones térmicas de los edificios. REAL DECRETO 1751/1998, de 31-JUL, Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 5-AGO-98

-Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales. (Deroga, para estos usos, lo establecido en las Normas Básicas para Instalaciones de gas en edificios habitados. Orden de 27-MAR-75, de la Presidencia del Gobierno). REAL DECRETO 1853/1993, de 22-OCT, del Ministerio de la Presidencia. B.O.E.: 25-NOV-93. (Corrección errores: 8-MAR-95)

-Instrucción sobre documentación y puesta en servicio de las instalaciones receptoras de gases combustibles. ORDEN de 17-DIC-85, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 9-ENE-86 (Corrección errores: 26-ABR-86)

-Complemento de las Normas técnicas sobre ensayos para homologación de radiadores y convectores por medio de fluidos.

#### **8.4.3 Instalaciones eléctricas**

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando con ello cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002).

- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Código Técnico de la Edificación, DB SI sobre Seguridad en caso de incendio.
- Código Técnico de la Edificación, DB HE sobre Ahorro de energía.
- Código Técnico de la Edificación, DB SU sobre Seguridad de utilización.
- Código Técnico de la Edificación, DB-HR sobre Protección frente al ruido.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre)
- Normas Técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 16/2002 del 1 de julio. Ley para la prevención y el control integrado de la contaminación (IPPC).
- Real decreto 509/2007 del 20 de abril. En él se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 16/2002.

#### **8.4.4 Residuos**

- Orden del 13 de junio de 1990 en la que se regula la gestión de aceites usados.
- Ley 11/1997 del 24 de abril. Ley de Envases y Residuos de Envases. Con el Real Decreto 782/1998 se aprueba su desarrollo y ejecución.
- Real Decreto 833/1988 del 20 de julio. Se aprueba el reglamento para la ejecución de la Ley Básica de Residuos Tóxicos y peligrosos 20/1986. Con el Real Decreto 950/1997 del 20 de junio, se modifica el reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986.
- Ley 10/1998 del 21 abril. Ley de residuos, modificada por la Ley 22/2011 del 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Orden MAM/304/2002 del 8 de febrero. Se publican las operaciones de eliminación y valorización de residuos y la lista de residuos europea.



#### **8.4.5 Suelos**

-Real Decreto 9/2005 del 14 de enero, donde se determina la relación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo. Se fijan los criterios para la declaración de suelo contaminado.

#### **8.4.6 Agua**

-Real Decreto 849/1986 del 11 de abril. Es el Reglamento de Dominio Público Hidráulico o RDPH. Con el Real Decreto 1315/1992 del 30 de octubre sufre una modificación parcial y se publica la Ley de Aguas. En el Real Decreto 995/2000 se fijan los objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se vuelve a modificar el RDPH. Con el Real Decreto Legislativo 1/2001 del 20 de julio se aprueba la Ley de aguas. El Real Decreto 849/1986 se vuelve a modificar con el Real Decreto 9/2008 del 11 de enero.

-Real Decreto 606/2003 del 23 de mayo. Se modifica el RDPH y se desarrollan los títulos preliminares de la Ley 29/1985 del 2 de agosto de Aguas.

-Orden MAM/1873/2004 del 2 de junio. Se aprueba los modelos oficiales para la declaración de vertido, además se desarrollan los aspectos para la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados del Real Decreto 606/2003.

#### **8.4.7 Atmósfera**

-Decreto 833/1975 del 6 de febrero. Se desarrolla la Ley 38/1972 de protección del ambiente atmosférico. Con el Real Decreto 717/1987 del 27 de mayo se modifica y se establece nueva normativa para la calidad del aire en lo referente a las emisiones de dióxido de nitrógeno y plomo.

-Real Decreto 1073/2002 del 18 de octubre. Se fija la evaluación y control de la calidad del aire con los siguientes elementos: partículas, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, plomo, monóxido de carbono y benceno.

-Real Decreto 117/2003 del 91 de enero. Se limitan las emisiones de compuestos orgánicos volátiles procedentes del uso de disolventes.

-Ley 34/2007 del 15 de noviembre. Se establece la calidad del aire y la protección de la atmósfera.

#### **8.4.8 Normas autonómicas**

-Decreto 159/1994 del 14 de julio. Se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley de Actividades Clasificadas. Se modifica parcialmente con los decretos: 66/1998 el 26 de marzo y 146/2001 del 17 de mayo.

-Ley 11/2003 del 8 de abril. Se expone la prevención ambiental aplicable en Castilla y León.

-Orden MAM/1673/2004 del 26 de octubre. Esta Orden establece el personal encargado de la inspección de las instalaciones y actividades sometidas al régimen de autorización ambiental, licencia ambiental y comunicación.

-Orden del 19 de mayo de 1992. Se establece el sistema de concesión de autorizaciones para realizar operaciones de recogida, transporte y almacenamiento de los aceites usados.

-Decreto 180/1994 del 4 de agosto. Se crea el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos.

-Orden del 19 de mayo de 1997. Se regulan los documentos de seguimiento y control que se deben emplear en la recogida de residuos peligrosos de los productores pequeños.

## 9 CONCLUSIONES

Al empezar a plantear una línea de estas características te encuentras con la cantidad de posibilidades que se tienen en la actualidad para la definición del total de las etapas, lo que hace que haya gran cantidad de opciones, todas válidas y recomendables.

Esto hace que se requiera de mucha experiencia para el diseño de una línea de recubrimiento electroquímico, la cual implicara una forma de actuar en el desarrollo de la línea, así como unas fases finales y equipos auxiliares diferentes entre dos líneas con la misma finalidad. Esta experiencia también se requiere a la hora de dirigir la producción, debido a la gran cantidad de variables que se manejan y que pueden cambiar completamente las propiedades fisicoquímicas del acabado final del recubrimiento, algo que es la finalidad de estos tratamientos

También se observa que los procesos principales de recubrimiento electroquímico apenas han variado a lo largo del último siglo, pese a que se intenta y se investiga sobre la posibilidad de rebajar productos muy tóxicos como los cianuros o ácidos, en casos como el de la plata no muestran resultados admisibles para muchos consumidores, lo que obliga a usar los mismos compuestos que han sido usados a lo largo de su historia. Caso contrario al de algunos procesos de recubrimientos químicos no tratados en este trabajo, en donde si se observa una evolución de los baños, sobre todo en el caso del plástico como material base donde el auge del uso de este material ha propiciado la aparición de nuevos tratamientos muy usados.

Pese a la utilización de la misma composición base en los baños a lo largo de años, hace que la mayor diferencia entre sus propiedades recaiga en los aditivos y otros compuestos añadidos, algo que hace que los fabricantes guarden con recelo la composición de sus baños e imposibilite la obtención de la composición y concentración final del baño.

Algo que sí ha mejorado sustancialmente es la normativa medioambiental, las normas europeas, estatales y autonómicas regulan los valores máximos de emisión y limitan el uso de algunas técnicas y productos. Estas cada vez son más restrictivas y obligan cada vez más al reciclaje, la recuperación y reutilización con el objetivo de conseguir un vertido cero en el futuro. Esto obligará a mejorar los tratamientos, sustituyendo las materias primas peligrosas y el uso obligatorio de equipos auxiliares de tratamiento de aguas o una utilización más responsable mejorando los procesos, como puede ser la calidad de enjuague con un uso menor de agua.

También hay que tener en cuenta la huella ecológica que dejan estos productos indirectamente y que será necesaria mejorar de cara al futuro. Una planta de recubrimiento electroquímico hace que se produzcan muchas emisiones el transporte de productos y, sobre todo, en energía eléctrica. El consumo eléctrico necesario para llevar a cabo la actividad (bombas de impulsión, resistencias térmicas, rectificadores, máquinas de agitación, compresores, etc...) abre la posibilidad de tener que mejorar los rendimientos y tiempos de aplicación de las distintas etapas, o el uso directo de energías renovables.