

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

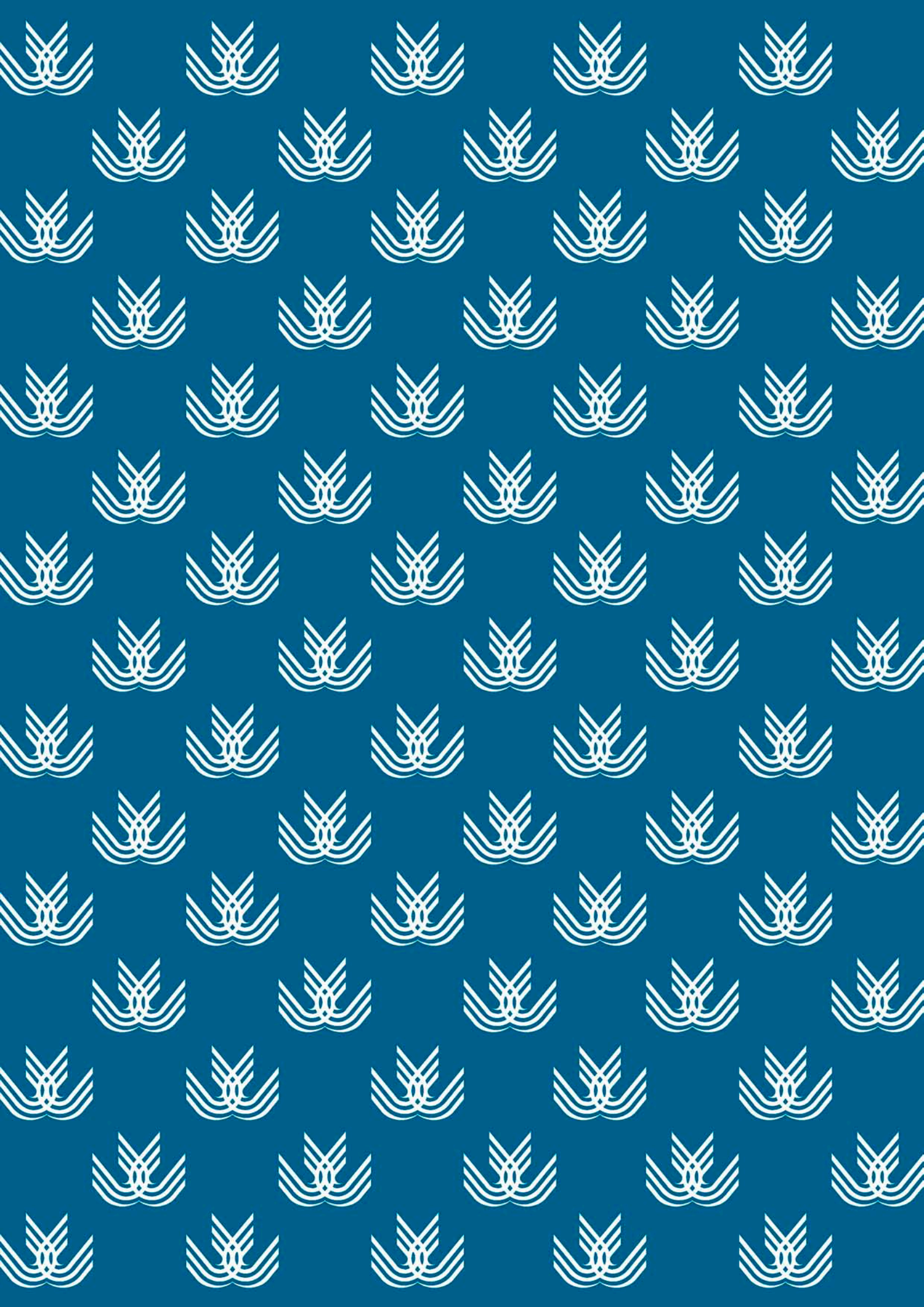
Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Diseño y optimización de una línea de anodizado crómico para piezas de aluminio en la industria aeronáutica

Autor: Lucía COELLO NARANJO

Fecha: Abril 2006





DOCUMENTOS DEL PROYECTO

1. Memoria. Memoria Descriptiva y Anexos.

2. Pliego de condiciones.

3. Presupuesto.

4. Planos.

MEMORIA.

Memoria Descriptiva

y

Anexos.

Memoria

Descriptiva

Índice.

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN.....	5
3. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	6
3.1. Viabilidad Tecnológica.....	6
3.2. Viabilidad Legal.....	7
3.2.1. Licencia para la instalación.....	7
3.2.2. Salud y medio ambiente.....	8
3.2.3. Aguas.....	8
3.2.4. Residuos peligrosos y emisiones.....	8
3.2.5. Transporte de sustancias peligrosas.....	9
3.2.6. Normas referentes al proceso de producción de piezas anodizadas.....	10
4. UBICACIÓN DE LA PLANTA.....	11
5. MATERIAS Y PRODUCTOS.....	12
5.1. Materias primas.....	12
5.2. Productos.....	12
5.2.1. MEK.....	12
5.2.2. Turco 4215 NCLT.....	13
5.2.3. Ácido nítrico.....	13
5.2.4. Smut – Go.....	13
5.2.5. Ácido crómico.....	14
5.2.6. Dicromato sódico.....	14
6. PROCESO DE ANODIZADO.....	15
6.1. Descripción general del proceso.....	15
6.2. Limpieza manual con metiletilcetona (MEK).....	16

6.3. Desengrase alcalino.....	16
6.4. Desoxidado.....	18
6.5. Baños de enjuague... ..	20
6.6. Anodizado crómico.....	21
6.7. Sellado.....	25
7. INSTALACIONES.....	28
7.1. Baños de proceso.....	28
7.1.1. Baño de desengrase alcalino.....	29
7.1.2. Baño de desoxidado.....	30
7.1.3. Baños de enjuague.....	31
7.1.4. Baño de anodizado crómico.....	32
7.1.5. Baño de sellado.....	34
7.2. Equipos auxiliares.....	36
7.2.1. Caldera de aceite térmico.....	36
7.2.2. Rectificador de corriente.....	36
7.2.3. Sistema de aspiración de gases.....	37
7.2.4. Agitación.....	38
7.2.5. Equipo de agua desmineralizada.....	39
7.2.6. Depuradora.....	40
7.2.7. Puente grúa.....	41
7.2.8. Obra civil.....	42
8. RÉGIMEN DE FABRICACIÓN.....	43
8.1. Mano de obra.....	43
9. BIBLIOGRAFÍA.....	45

1. ANTECEDENTES.

El plan de estudios vigente establece que para la obtención del Título de Ingeniero Químico en la Universidad de Cádiz es indispensable la realización de un Proyecto Fin de Carrera que tenga vinculación con las áreas de conocimientos implicadas en el título. La propuesta es la siguiente:

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química, Tecnología de Alimentos y Tecnologías del Medio Ambiente.

TÍTULO: Diseño y Optimización de una Línea de Anodizado Crómico para Piezas de Aluminio en la Industria Aeronáutica.

TUTOR: Luis Enrique Romero Zúñiga.

DESCRIPCIÓN: El presente proyecto trata del diseño y optimización de una cadena de anodizado crómico de piezas de aluminio para la industria aeronáutica. La cadena comienza con una limpieza manual de las piezas con metiletilcetona (*MEK*), a continuación se realiza un desengrase alcalino para posteriormente enjuagar las piezas con agua de red. Una vez enjuagadas, se realiza una limpieza ácida en un baño de desoxidado y se vuelve a enjuagar, en una primera etapa con agua de red y en una segunda con agua desmineralizada. Ahora se somete a las piezas al proceso de anodizado en sí, tras el cual se vuelve a realizar un enjuague con agua desmineralizada. Dependiendo de la pieza a tratar necesitará sellado o no. En el caso que lo necesite, se sella la pieza, se enjuaga con agua desmineralizada y se seca. Si no lo necesitara la pieza se secaría y el proceso de anodizado habría terminado. Se va a partir del diseño de una situación actual y se llegará, mediante estudios de optimización, a la situación óptima.

REQUISITOS: La cadena de anodizado crómico de este proyecto tiene por objeto poder tratar piezas de hasta 7 metros de longitud con una cadencia máxima de fabricación de 60.000 piezas/año. Esta cadena será diseñada según la normativa vigente en cuanto a Prevención de Riesgos Laborales, Medio Ambiente y bajo las normas de los

distintos clientes aeronáuticos que englobe este mercado. El diagrama del proceso sería el siguiente:

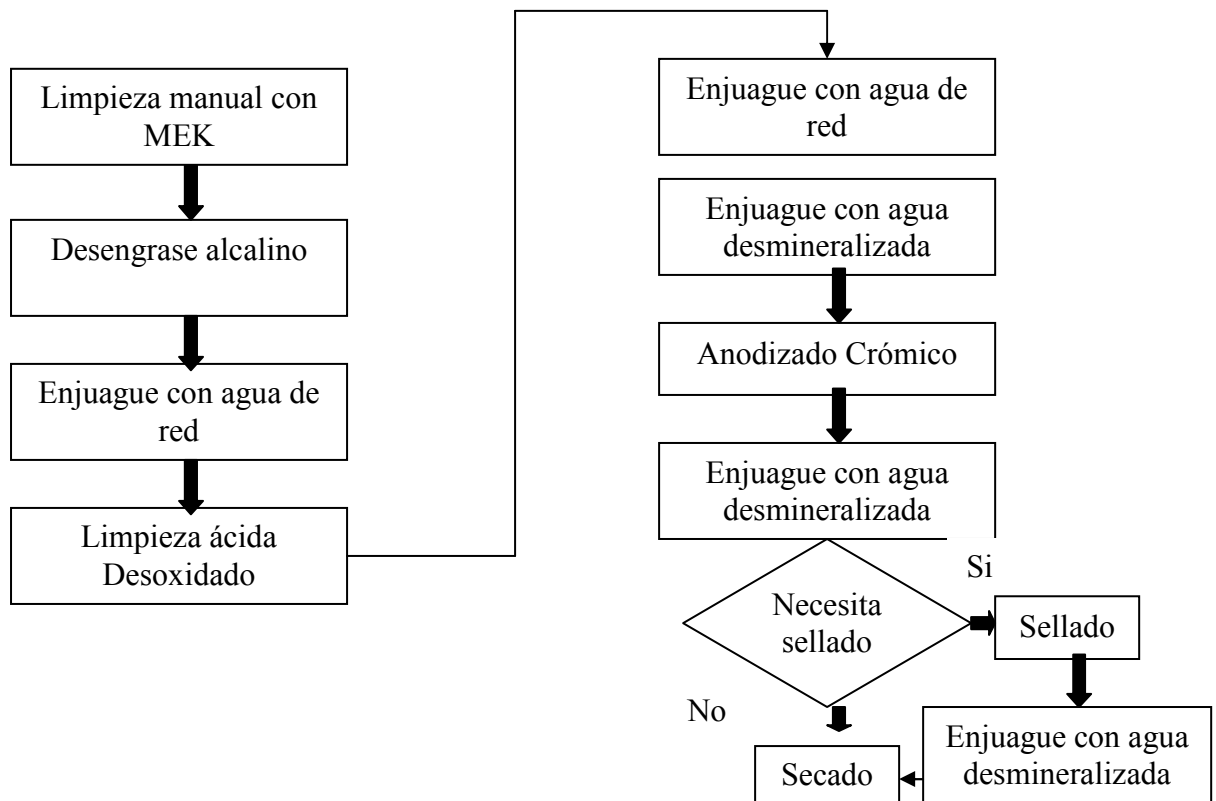


Fig. 1. Diagrama esquemático de las etapas del proceso.

2. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN.

El objeto del presente proyecto se basa en el diseño y optimización de una línea de anodizado crómico para su utilización en la industria aeronáutica en cuanto al tratamiento de las piezas de aluminio de las que forman parte los aviones.

El aluminio anodizado se aplica en la construcción para proteger perfiles y chapas contra la corrosión del medio ambiente, obteniéndose al mismo tiempo interesantes aspectos decorativos para la construcción mediante procesos de coloración electrolítica, coloración por interferencia o coloración química.

El aluminio es un metal que reúne una serie de propiedades mecánicas excelentes dentro del grupo de los metales no féreos, de ahí su elevado uso en la industria. Dentro del ciclo vital del aluminio, éste se encuentra actualmente en la etapa de madurez, es decir, su producción está estabilizada, aunque en la industria de la automoción su uso es cada vez mayor. Esta aparente contradicción se debe a que está siendo sustituido por nuevos materiales, como los polímeros o los materiales compuestos, en aplicaciones en las que hasta ahora se había utilizado el aluminio.

A pesar de que el aluminio y sus aleaciones poseen cierta propiedad inherente de resistencia a la corrosión atmosférica debido a la capa de óxido protectora que se forma al entrar en contacto con el oxígeno, las características de inestabilidad fisicoquímicas de dicha capa han orientado los problemas de protección y decoración de estos materiales. El **anodizado** es un proceso electrolítico por el cual el aluminio se recubre de una película de alúmina cuyo espesor y propiedades dependen más del proceso que del tipo de aleación utilizada. Se obtienen de manera artificial películas de óxido de mucho más espesor y con mejores características de protección que las capas naturales. La operación de hidratación de la película anódica recibe el nombre de sellado. Las películas anódicas sin sellar se usan normalmente como soportes para acabados orgánicos, y las películas selladas como protección anticorrosiva o por motivos decorativos, si están teñidas. (<http://www.kr2-egb.com.ar/anodizado.htm>)

3. VIABILIDAD DEL PROYECTO.

3.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA.

El aluminio es un metal plateado muy ligero. Es un material muy electropositivo y muy reactivo. Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva por lo es estable al aire, aunque también es resistente a la corrosión por el agua de mar, a muchas soluciones acuosas y otros agentes químicos. Esto se debe a la protección del metal por la capa impenetrable de óxido antes mencionada. Cuando se encuentra a una pureza superior al 99.95%, resiste el ataque de la mayor parte de los ácidos.

Su aplicación en la construcción representa el mercado más importante de la industria del aluminio. El aluminio es uno de los productos más importantes en la construcción industrial. El transporte constituye el segundo gran mercado. Muchos aviones comerciales están hechos casi en su totalidad de aluminio. En los automóviles, el aluminio aparece en interiores y exteriores como molduras, llantas, acondicionadores de aire, transmisiones automáticas... e incluso motores.

El empleo del aluminio y sus aleaciones ha adquirido en los últimos treinta años un enorme desarrollo que la ha situado rápidamente entre los metales de interés mundial más destacado.

Las películas que se forman en el proceso de anodizado se caracterizan por poseer espesores de varios micrones, una morfología porosa y propiedades de resistencia a la abrasión y a la corrosión, lo que permite la aplicación en exteriores del aluminio y principalmente sus aleaciones, tanto en arquitectura como en aeronáutica.

Una vez realizado el proceso de anodizado en sí las piezas pueden ser selladas, de manera que la película anódica quede hidratada y la pieza mantenga el aspecto natural que le caracteriza. Con el proceso de anodizado las características que obtiene la pieza de aluminio son:

- Resistencia a la corrosión
- Mejor adhesión de las pinturas
- Mejora de la apariencia estética
- Aislamiento eléctrico
- Resistencia a la abrasión

El proceso de anodizado crómico se puede decir que es tecnológicamente viable porque existen muchas empresas en España y a nivel internacional que llevan a cabo en sus instalaciones procesos similares como es el caso de Pavondos Bolgui S.L. (Madrid), Intec-Air S.L. (Cádiz), EADS-CASA (El Puerto de Santa María, Cádiz), Decoral S.A. (Barcelona), Jealser S.A. (Navarra), Exlabesa S.A. (A Coruña), Alquiplas Ltda. (Santiago de Chile), Extrusiones Metálicas (México), Anodizados California (Argentina)... El proceso de anodizado representado en el presente proyecto es esencial debido a la cantidad de estructuras que precisan las características que pueden adquirir gracias a él, refiriéndose a campos tan diversos como la arquitectura, aeronáutica, automoción ó construcción. Su optimización dará lugar a una mayor facilidad de procesado y de asegurar mejor las condiciones de trabajo. Las operaciones básicas que forman parte del proceso son posibles debido principalmente a la experiencia de encontrar empresas que las realizan y de ser operaciones que se pueden llevar a cabo con unos equipos que no son difíciles de encontrar en el mercado.

3.2. VIABILIDAD LEGAL.

El proyecto desarrollado cumplirá en todo momento con la legislación aplicable tanto antes como después de su puesta en marcha. De entre la normativa más relevante cabe destacar la siguiente:

3.2.1. LICENCIAS PARA LA INSTALACIÓN:

- Ley 16 / 2002 Anexo I, licencia de apertura de la instalación con cumplimiento de las condiciones ambientales.
- Decreto 358 / 2000 del 18 de Julio, regula el procedimiento para la instalación, ampliación, traslado y puesta en funcionamiento de los establecimientos e

instalaciones industriales, así como el control, responsabilidad y régimen sancionador de los mismos. (BOJA núm. 106, de 14 de Septiembre de 2000)

- Decreto 2135 / 1980 Art. 2, condiciones para la inscripción en el Registro Industrial.

3.2.2. SALUD Y MEDIO AMBIENTE:

- Decreto 2414 / 61, tiene por objeto evitar que las instalaciones, establecimientos, actividades, industrias o almacenes produzcan incomodidades, alteren las condiciones normales de salubridad e higiene del medio ambiente y ocasione daños a las riquezas pública o privada o impliquen riesgos graves para las personas o los bienes.
- Ley 7 / 1994 del 18 de Mayo, cuyo objeto es prevenir, minimizar, corregir o, en su caso, impedir los efectos de determinadas acciones que puedan tener sobre el medio ambiente y la calidad de vida; definir el marco normativo y de actuación de la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de protección atmosférica, residuos en general y calidad de las aguas para conseguir una mejora de la calidad ambiental.

3.2.3. AGUAS:

- Real Decreto 849 / 86 Art. 245, regula la autorización para las actividades susceptibles de provocar la contaminación o degradación del dominio público, y en particular, el vertido de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales.

3.2.4. RESIDUOS PELIGROSOS Y EMISIONES:

- Real Decreto 833 / 88 y Real Decreto 952 / 97, desarrolla la Ley 20 / 1986 ,de 14 de Mayo, Básica de Residuos Peligrosos para que las actividades productoras de dichos residuos y la gestión de los mismos se realicen garantizando la protección de la salud humana, la defensa del medio ambiente

y la preservación de los recursos naturales. Los artículos del Real Decreto 833 / 88 que se realizan son:

- **Art. 13, 14 y 15:** cuyo objetivo es el envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas. El envasado no debe ser mayor a seis meses.
 - **Art. 41:** notificación del traslado de los residuos peligrosos al Gobierno Autonómico.
 - **Art. 11 y 21:** entrega de los residuos peligrosos a un gestor autorizado.
 - **Art. 20:** recibir los documentos de aceptación por parte del gestor.
 - **Art. 16.2, 16.3, 21.1:** recibir los documentos de control y seguimiento de los residuos peligrosos así como un resguardo de la gestión de aquellos.
 - **Art. 50:** prohibición de mezclar residuos peligrosos entre sí o con otros residuos urbanos o industriales.
- Real Decreto 117 / 2003, cuyo objeto es evitar o, cuando ello no sea posible, reducir los efectos directos o indirectos de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles sobre el medio ambiente y la salud de las personas.
 - Decreto 833 / 75, establece los límites de los contaminantes.

3.2.5. TRANSPORTE DE SUSTANCIAS PELIGROSAS:

- Real Decreto 1566 / 1999 Art. 1, indica que las empresas que transporten mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable o que sean responsables de las operaciones de carga y descarga vinculadas a dicho transporte deberán asignar, al menos, un consejero de seguridad encargado de contribuir a la prevención de los riesgos para las personas, los bienes o el medio ambiente inherente a dichas actividades.

3.2.6. NORMAS REFERENTES AL PROCESO DE PIEZAS ANODIZADAS:

- UNE 38010:1991. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Especificaciones generales para los recubrimientos anódicos sobre aluminio.
- UNE 38016:1990. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Métodos para la evaluación de la calidad del sellado por medida de la pérdida de masa después de la inmersión en solución ácida.
- UNE 38019:1991. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Vocabulario.
- UNE 38023:1993. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Control de la continuidad de recubrimientos anódicos delgados.
- UNE-EN 12373-14:2001. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Parte 14: determinación visual de la claridad de la imagen de recubrimientos anódicos de óxido. Métodos de las escalas graduadas.
- UNE-EN 12373-15:2001. Anodización del aluminio y sus aleaciones. Parte 15: evaluación de la resistencia de recubrimientos anódicos de óxido al aligeramiento por deformación.

4. UBICACIÓN DE LA PLANTA.

La ubicación de esta planta de proceso se realizará teniendo en cuenta una serie de factores que se detallan a continuación.

El mercado se centrará en la provincia de Cádiz principalmente y el resto de Andalucía. La planta se ubicará en la capital gaditana debido a la proximidad de ésta al resto de localidades a las que se venderá el material. Esta ubicación se debe principalmente a que las dos empresas del sector aeronáutico internacional para las que se trabajará, AIRBUS y EADS-CASA, están situadas en Puerto Real y El Puerto de Santa María respectivamente. Las carreteras son bastante accesibles y hay buenas comunicaciones con el resto de localidades. Si debieran efectuarse salidas en el ámbito nacional o internacional, éstas podrían hacerse por vía marítima, debido a la proximidad de la Bahía de Cádiz.

5. MATERIAS Y PRODUCTOS.

5.1. MATERIAS PRIMAS.

En su gran mayoría, las materias primas que se destinarán para esta planta serán perfiles y piezas de aluminio de diversa geometría y chapas de aluminio de distintos espesores. Se tratarán en este proceso perfiles en T, perfiles en U y perfiles con doble T desde 300 mm hasta 7000 mm de longitud, con espesores entre 2 – 5 mm. Las chapas de aluminio serán de espesores entre 1 – 3 mm, de hasta 7000 mm de longitud y 2000 mm de altura. El suministro de los materiales de aluminio se realizará sin problema a través de los proveedores que se crea más conveniente.

5.2. PRODUCTOS.

Los productos se utilizarán para la preparación de las piezas y para los baños de proceso. Estos productos deben estar de acuerdo con la normativa vigente del proceso y por ello se debe tener este aspecto en cuenta a la hora de elegir el/los proveedor/es de dichos productos. Los productos químicos que se utilizarán son MEK, Turco 4215 NCLT, Ácido Nítrico, Smut-Go, Ácido Crómico y Dicromato Sódico.

5.2.1. MEK.

El MEK se utilizará para la limpieza manual de las piezas previa al proceso en la cadena de baños. Su fórmula química es $\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$. Es un disolvente orgánico, incoloro y parcialmente miscible en agua. Los disolventes orgánicos son compuestos orgánicos volátiles que se utilizan solos o en combinación con otros agentes para disolver materias primas, productos o materiales residuales, utilizándose para la limpieza, para modificar la viscosidad, como agente tensoactivo, como plastificante, como conservante o como portador de otras sustancias que, una vez depositadas, quedan fijadas y el disolvente se evapora. Los disolventes orgánicos son de uso corriente en las industrias para pegar, desengrasar, limpiar, plastificar y flexibilizar, pintar y lubricar. Los procesos de limpieza y desengrase de piezas y maquinaria constituyen una de sus principales aplicaciones. Entre los disolventes orgánicos que tradicionalmente más se

utilizan para estas actividades se encuentran el 1,1,1-tricloroetano, tetracloroetileno, tricloroetileno, tolueno, xileno, 2-propanol...entre otros. (Ref. Brenntag Química, S.A. Ficha Técnica Metiletilcetona)

5.2.2. TURCO 4215 NCLT.

El Turco 4215 NCLT es un desengrasante alcalino de superficies metálicas utilizado en el baño de proceso del mismo nombre. Es un polvo granular. Posee extraordinarias propiedades de aclarado con agua derivadas de la total ausencia en el producto de silicatos y una composición alcalina de extrema suavidad. Este producto puede ser usado tanto por inmersión (que será como se utilizará en el presente proyecto) como por aspersion. Para su homogeneización se recomienda utilizar agitaciones por aire, mecánicas o por ultrasonidos en las aplicaciones por inmersión. Es fácilmente soluble en agua, lo que facilitará su homogeneización en la disolución de la que forma parte. No es corrosivo sobre el aluminio, aspecto importante porque este material es la principal materia prima del presente proyecto. Aplicado por inmersión, se deberá utilizar en concentraciones de 4,5 – 6 %. La incorporación del producto al baño se realizará lentamente sobre agua fría o templada hasta que la disolución esté totalmente homogeneizada. La temperatura de trabajo es recomendable que se mantenga entre 45 y 55 °C. (Ref. Technical Data Bulletin Turco 4215 NCLT. Turco Española, S.A.)

5.2.3. ÁCIDO NÍTRICO.

El ácido nítrico es un líquido amarillento muy agresivo. Su fórmula química es HNO_3 . Es un producto usado en el baño de desoxidado para la eliminación de posibles óxidos que haya en la superficie de las piezas de aluminio. El ácido nítrico ataca a casi todos los metales, incluido el aluminio. Su principal uso en la industria aeronáutica es de decapante y desincrustante. (Ref. Brenntag Química, S.A. Ficha Técnica Ácido Nítrico)

5.2.4. SMUT-GO.

El Smut-Go forma parte de la disolución del baño de desoxidado como potenciador de la reacción entre el ácido nítrico y el aluminio. Está formado por

bicromato sódico ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) y fluosilicato sódico (Na_2SiF_6). El Smut-Go es un compuesto químico no espumante, desarrollado como desoxidante y abrillantador del aluminio y sus aleaciones, tanto por inmersión como por aspersión. Es un polvo granular de color anaranjado. Para su utilización se recomienda disolver 3 – 4,5 % de Smut-Go en agua, ésta habrá sido acidificada con ácido nítrico en una concentración de 10 – 15 % ó bien con un 5 – 10 % de ácido sulfúrico. Mezclar hasta alcanzar total homogeneidad. La temperatura se recomienda que esté entre 20 y 35°C y el tiempo de aplicación entre 1 y 10 minutos. (Ref. Technical Data Bulletin Smut-Go. Turco Española, S.A.)

5.2.5. ÁCIDO CRÓMICO.

El ácido crómico es el principal componente del proceso de anodizado crómico. Está formando parte en una disolución con agua desmineralizada en el baño de anodizado crómico. Su concentración va a depender del uso para el que vaya destinado el producto. Cuando se utiliza para conseguir capas anódicas, dicha concentración va en relación al espesor de la capa anódica que se desea conseguir. Este producto tiene una estructura de cristales rojos y solubles en agua, aspecto que facilita su homogeneización en el baño de proceso. (Ref. Brenntag Química, S.A. Ficha Técnica Ácido Crómico)

5.2.6. DICROMATO SÓDICO.

El dicromato sódico es el componente que se utilizará en el baño de sellado como aditivo para disminuir el punto de ebullición del agua. Su fórmula química es $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. Es un sólido cristalino rojo anaranjado y soluble en agua. (Ref. Brenntag Química, S.A. Ficha Técnica Dicromato Sódico)

6. PROCESO DE ANODIZADO

6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO.

El proceso de anodizado crómico de piezas de aluminio para su utilización en la industria aeronáutica es una línea común para obtener de manera artificial películas de óxido de mucho más espesor y con mejores características de protección que las capas naturales. Pero este no es el fin concreto en la industria aeronáutica, sino conseguir una capa porosa para obtener una mejor adherencia de la pintura a la pieza. Este procedimiento de anodizado produce la oxidación del material desde la superficie hacia el exterior de la pieza produciendo el óxido de aluminio, caracterizado por su excelente resistencia a los agentes químicos, dureza, baja conductividad eléctrica y estructura molecular porosa, lo que permite darle una excelente terminación, características que la hacen adecuada y valiosa.

Se sustituirá el baño de agua de red posterior al baño de desengrase alcalino por un baño de agua desmineralizada y el baño de red posterior al baño de desoxidado se suprimirá. De esta forma se optimizará el proceso en la medida que se ahorrará en la construcción de un baño y se mejorará la calidad del enjuague de las piezas.

En este proyecto la secuencia que seguirá el proceso es la siguiente:

- Limpieza manual de la pieza con MEK.
- Se someterá la pieza a un desengrase alcalino.
- Posteriormente se enjuagará la pieza en un baño de agua desmineralizada.
- Se realizará una limpieza ácida en el baño de desoxidado.
- Una vez limpias las piezas se enjuagarán en un baño de agua desmineralizada.
- Anodizado crómico de las piezas.
- Enjuague con agua desmineralizada.
- Si la pieza necesita sellado se sellará y posteriormente se enjuagará con agua desmineralizada y se secará. Si la pieza no necesita el sellado, se secará tras el enjuague.

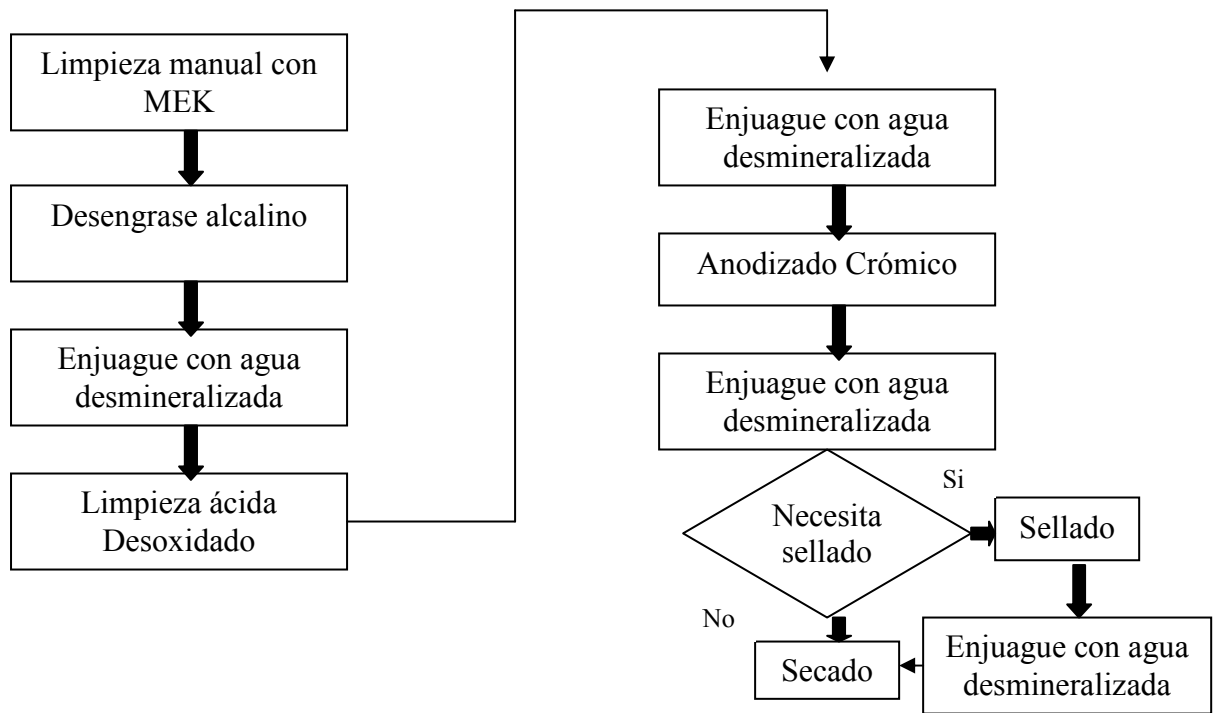


Fig. 2. Diagrama definitivo de las etapas del proceso.

6.2.LIMPIEZA MANUAL CON METILETILCETONA (MEK).

Se realizará una limpieza manual con MEK sobre todas aquellas piezas que presenten restos de grasa o tintas de identificación. El proceso es desarrollado por operarios que mediante la utilización de trapos blancos de algodón, limpiarán la pieza con MEK. La pieza estará apoyada sobre una superficie limpia, por ejemplo un banco de trabajo, o bien, en el caso que se traten piezas de grandes dimensiones, suspendida en una barra de apoyo que después el puente grúa transportará a cada uno de los baños. Todos los operarios manejarán las piezas con guantes de algodón.

6.3. DESENGRASE ALCALINO.

En esta etapa de limpieza se realiza para la eliminación total de posibles restos de grasa, aceites o impurezas depositadas en la superficie de las piezas que no hayan sido eliminados en etapas previas. Estas suciedades o impurezas provienen de los

tratamientos mecánicos a los que se han sometido. Para la fijación correcta de un recubrimiento en un metal, en el presente proyecto la capa de anodizado, es necesario que la superficie del mismo esté totalmente limpia de toda clase de suciedad, grasas, aceites, etc..., de ahí la enorme importancia de esta etapa de limpieza con objeto de conseguir una superficie anodizada regular y uniforme. La eliminación de estas grasas es fundamental porque si llegaran a la etapa de anodizado la oxidación que se produciría sería excesiva y heterogénea y la terminación de la capa de óxido creada imperfecta.

La elección de un baño desengrasante estará en función de las características de las impurezas a tratar. Los desengrasantes pueden ser de carácter ácido o alcalino, pero tanto en uno como en otro, se deberán controlar los parámetros de concentraciones de los productos, temperatura de trabajo y tiempo de exposición.

Las piezas se van a introducir en un baño que contiene una disolución alcalina formada por TURCO 4215 NCLT (desengrasante), en una concentración entre 40 – 60 g/l y agua desmineralizada. Este producto es el que va a limpiar todos los posibles restos de suciedad que contenga la pieza y permitir así que pueda llevarse a cabo el proceso de anodizado con menos dificultades. El desengrasante contiene agentes emulsionantes cuya misión es disminuir la tensión superficial de las impurezas para disminuir la fuerza de adhesión de las partículas a la superficie. El agua que se usa es agua desmineralizada, que debe cumplir unos requisitos mínimos de calidad, basándose en la concentración de sales perjudiciales, como pueden ser cloruros y sales cálcicas, que perjudican seriamente la etapa del desengrase.

Como se ha indicado anteriormente, la temperatura de trabajo es un parámetro importante que se debe controlar. Así debe mantenerse en un rango entre 49 – 60 °C para que la fuerza con que las partículas de grasa se adhieren a la superficie de la pieza sea menor, lo que se favorece a una temperatura alta. Con objeto de mantener la temperatura entre esos valores se equipa el baño con una caldera que transmite calor a su contenido mediante un serpentín. Se instalará en el baño un pirómetro indicador con objeto de saber en todo momento la temperatura exacta a la que se encuentra.

En cuanto a la agitación del baño si bien se podría disponer de un sistema de palas pero su giro podría provocar la colisión con las piezas sumergidas en el baño. Otra

opción podría ser uso de bombas de recirculación, que resultaría muy costoso debido a que se necesitarían grandes bombas para agitar toda la masa de fluido y además deberían ser resistentes a medios alcalinos. Este sistema también provocaría un acusado descenso de la temperatura del fluido como consecuencia del transporte del fluido desde el baño a la bomba y viceversa. Otra posibilidad sería disponer de un sistema de agitación por medio de aire limpio y seco que se introduce por la parte inferior del baño. Realmente, este sistema tiene más inconvenientes que ventajas ya que, el introducir aire provocaría un enfriamiento parcial de la disolución con lo que habría que aportar más calor y representaría un coste añadido. Asimismo, el oxígeno introducido podría dañar la superficie de las piezas de aluminio. No obstante se elegirá esta opción puesto que la disolución de trabajo no necesita de un elevado grado de agitación puesto que tiene facilidad para mantenerse homogénea. Bastaría por tanto con agitarla minutos antes de introducir las piezas en el baño y mientras se vierte el producto en el baño, lo que no supone un riesgo importante para la pieza.

Otro factor a controlar es el pH de la disolución alcalina, que debe mantenerse entre 9 y 11. Si el pH estuviera por debajo de este rango el desengrase alcalino podría ser demasiado ácido y para que fuera eficaz y habría que darle a las piezas a tratar más bañadas. Si, por el contrario, el pH fuera más alto se produciría un decapado de la pieza al encontrarse en una disolución muy básica y podría dar lugar a un ataque incontrolado de la pieza.

Normalmente, el tiempo de inmersión en el baño va a depender de la cantidad de suciedad que tengan las piezas siendo lo más habitual entre 10 y 15 minutos.

Con objeto de garantizar la seguridad de los operarios se dispondrá de extracción localizada en los bordes del tanque.

6.4. DESOXIDADO.

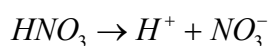
El desoxidado es la última operación de limpieza a la que se someten las piezas de aluminio. Esta limpieza es utilizada para la eliminación de posibles óxidos existentes sobre la superficie de la pieza y que no haya sido eliminada en las etapas anteriores.

Entre estos óxidos se encuentra fundamentalmente la alúmina (Al_2O_3) formado de forma natural sobre la pieza. El fin del proceso de anodizado es la formación de esta capa, ¿por qué se quiere eliminar en el desoxidado? La capa de alúmina natural es una capa irregular creada mediante un proceso no controlado y daría lugar a un acabado no homogéneo de la pieza. Ésta es la razón por la que se elimina.

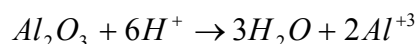
El anodizado se realizará en medio ácido, y no es conveniente que la pieza llegue con restos de base con lo que esta etapa se encargará de neutralizar el carácter básico de la etapa anterior.

El baño contiene una solución compuesta por Ácido Nítrico (80 – 120 g/l), Smut-Go (30 – 45 g/l) y de nuevo, agua desmineralizada para evitar posibles contaminaciones de los baños del proceso. El Smut-Go es un producto que potencia la reacción de desoxidado del aluminio en contacto con ácido nítrico, la composición de este producto es bicromato sódico y fluosilicato sódico. En este caso, la reacción que se llevará a cabo se desarrolla a temperatura ambiente, por lo que el baño no necesita de un sistema de calentamiento. No obstante, el baño tendrá que disponer de un sistema de extracción para eliminar los posibles gases que se pudieran generar debido al uso del ácido nítrico.

En esta etapa se va a producir una reacción entre el aluminio y el ácido nítrico. Éste último en disolución se encuentra disociado como:



La pieza tiene una capa natural de alúmina (Al_2O_3) que reaccionaría con el protón que se encuentra en la disolución:



De esta forma quedaría el aluminio libre, con lo que la superficie de la pieza quedaría completamente limpia.

El tiempo de tratamiento del desoxidado de las piezas será de entre 1 y 10 minutos. Una vez aplicada esta etapa la pieza deberá quedar totalmente libre de suciedad y restos de grasa y óxidos. Dicha limpieza deberá ser verificada por el operario correspondiente.

Se dispondrá de un sistema de agitación por medio de aire limpio y seco que se introduce por la parte inferior del baño.

Con objeto de garantizar la seguridad de los operarios se dispondrá de extracción localizada en los bordes del tanque.

6.5. BAÑOS DE ENJUAGUE.

Los baños de enjuague tienen una importancia vital en la línea del proceso. Como se indicó en el esquema del apartado 1 (*antecedentes*) del presente proyecto, tras el paso de las piezas por los distintos baños, se introducían en baños de enjuague para evitar cualquier contaminación de los productos químicos de las soluciones en baños posteriores. Estos enjuagues se realizan con agua desmineralizada mediante la inmersión de la pieza correspondiente en el baño.

Cuando se realiza el enjuague, al extraer las piezas del baño, hay que comprobar que no existen discontinuidades en la película que forma el agua en la superficie de las piezas, si aparecieran dichas discontinuidades se volverá a repetir el proceso desde el principio. El enjuague tiene una duración de entre 2 y 5 minutos aproximadamente.

El agua utilizada deberá cumplir unos requisitos mínimos de calidad que serán los siguientes:

Agua Desmineralizada:

- Sólidos Disueltos $\rightarrow < 10$ p.p.m.
- Silicatos (SiO_2) $\rightarrow < 4$ p.p.m.

- Conductividad $\rightarrow < 10 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Cloruros $\rightarrow < 1 \text{ p.p.m.}$
- Temperatura \rightarrow ambiente
- pH $\rightarrow 5,8 - 7$

La estabilización del pH en el agua del proceso va a prevenir las concentraciones elevadas de metales pesados, de manera que interesa mantener el rango de pH. Por otra parte, la temperatura puede afectar a los procesos de solubilidad de las sales minerales, se mantendrá en este caso en los valores ambientales porque se pretende hacer un enjuague, sin que se produzca ninguna reacción química, ni catalizarla.

El agua pura presenta una conductividad eléctrica muy baja que no puede ser nula debido al equilibrio ácido / básico del agua ($H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$), lo que hace que haya algunos iones en disolución. Cuanto mayor es la concentración de sales disueltas, mayor es también su conductividad eléctrica, por lo tanto es otro motivo para mantener en un bajo nivel la concentración de estas sales. Asimismo, la temperatura presenta una influencia importante sobre la conductividad, de manera que resulta interesante mantener la temperatura en el valor ambiente con objeto de evitar fluctuaciones.

6.6. ANODIZADO CRÓMICO.

Como se recogió en el apartado 6.1 de la memoria (*descripción general del proceso*), el proceso de anodizado para la industria aeronáutica consiste en obtener de manera artificial películas de alúmina (Al_2O_3) de mayor espesor, porosas y mejores características de protección que las formadas de forma natural para una mayor adherencia de la pintura a las piezas. Se realizará mediante un proceso electrolítico. La capa de óxido de aluminio formada durante el proceso de anodizado es porosa. Esta porosidad es la que permitirá que la pintura que se le aplique a la pieza tenga una mayor adherencia a ella. Si la pieza no se pintara absorbería suciedad y otros elementos que podrán afectar a la estética y propiedades de la pieza. En algunos casos, dependiendo del cliente al que se trabaje, se procederá a hidratar la capa de óxido de aluminio de forma que se cierren los poros. Así se conseguirá una doble protección (el anodizado y la hidratación), aunque sin duda la adherencia de la pintura será menor.

Existen varios métodos para el proceso de anodizado del aluminio, basándose en la aplicación de las piezas tras el proceso. El método más utilizado en aeronáutica es aquel en el que se utiliza un electrolito de ácido crómico. Para el uso en arquitectura se utiliza el anodizado en medio sulfúrico donde se sustituye la disolución de ácido crómico por otra de ácido sulfúrico.

El método que se empleará para este proyecto será un anodizado crómico. El anodizado es un proceso de oxidación basado en la electrólisis que se desarrolla en el aluminio. La capa de alúmina se desarrolla mediante la inmersión del aluminio en un electrolito (disolución de ácido crómico), y pasando una corriente mediante un dispositivo entre el aluminio (ánodo) y el cátodo (placas de titanio colocadas en el interior del baño). La capa producida forma parte integrante del aluminio, no siendo una capa aplicada. Como en todo proceso electrolítico se van a producir reacciones de oxidación en el ánodo (polo positivo) y reacciones de reducción en el cátodo (polo negativo). Al introducir las piezas en el baño, la corriente eléctrica pasará por el cátodo y se observará un desprendimiento de hidrógeno que proviene del agua y ningún desprendimiento en el ánodo. Por otra parte, se observará que el ánodo de aluminio se ha recubierto de una película de alúmina. La explicación a este proceso es que el oxígeno que se libera ha sido utilizado para oxidar el aluminio del ánodo, por este motivo no se aprecia ninguna liberación de gases. Las reacciones que se producen para formar la capa de alúmina son:

- $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$
- $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$

El óxido formado en este estado consiste en una alúmina anhidra en estado amorfo (Al_2O_3), habiéndose descubierto en los últimos tiempos que esta capa está constituida por un apilamiento de células con geometría hexagonal. La capa de alúmina se generará de una manera controlada, pues de ello depende la calidad de la misma.

La composición química y las condiciones del baño de anodizado son las siguientes:

Ácido Crómico → 40,5 – 100 g/l	Tiempo → 35 – 39 minutos
Cl ⁻ como NaCl → Máx. 0,2 g/l	Densidad de corriente → 0,3 – 0,4 A/dm ²
Temperatura → 35 ± 2 °C	Agitación → aire limpio y seco
Voltaje → 21 ± 1 V	Agua Desmineralizada

Todas estas condiciones deberán ser controladas para que el proceso de anodizado se lleve a cabo correctamente y conseguir capas anódicas homogéneas y de calidad. Modificando los parámetros anteriormente mencionados, se pueden obtener capas más o menos gruesas y modificar el tamaño del poro.

- Concentración de electrolito: Se trata en este caso de la concentración de ácido crómico. Dicho parámetro debe controlarse poder conseguir una capa anódica con un espesor homogéneo. Lo más usual es operar con una concentración entre 40,5 – 100 g/l.

Un electrolito del que forma parte un ácido será capaz de disolver la capa de óxido de aluminio que se irá formando en el proceso. Por tanto una concentración de ácido crómico elevada provocaría una disolución excesiva de la capa anódica y las piezas no conseguirían la capa que se pretende generar. Esta solubilización parcial de la capa de óxido será la que proporcione a la capa anódica una estructura porosa. Por este motivo, habrá que controlar tanto la velocidad de formación de la capa anódica como la velocidad de destrucción de esta capa debido a la acción del ácido crómico sobre el óxido de aluminio formado. Esta última velocidad deberá ser menor porque, de no ser así, la capa anódica nunca se formaría. Si las concentraciones son las indicadas, la formación de la capa anódica prevalecerá sobre su destrucción y le otorgará una porosidad adecuada y un espesor constante. Si la concentración del electrolito estuviera por debajo del rango, la capa anódica sería poco porosa. El agua que forma parte de esta disolución será agua desmineralizada, con una concentración en cloruros inferior a 0,2 g/l. Se usa agua desmineralizada para evitar posibles contaminaciones presentes en el agua de la red de abastecimiento.

- Temperatura de la disolución de ácido crómico: El control de este parámetro es muy importante. La velocidad con que se diluye la capa anódica debido a la acción del ácido está potenciada por el efecto de la temperatura. Las condiciones de temperatura óptimas son de $35 \pm 2^\circ\text{C}$. El baño deberá de disponer de un sistema de calentamiento que permita alcanzar y mantener dicha temperatura. El control de la temperatura es muy importante porque si se produce un gran aumento de la temperatura se podría provocar una evaporación del agua del baño, lo que concentraría aún más la disolución y provocaría una velocidad de destrucción mayor, con lo que la capa no se formaría. De la misma forma que en el baño de desengrase, se instalará un pirómetro indicador para conocer la temperatura a la que se encuentra la disolución.

- Densidad de corriente y tensión: para lograr en el anodizado crómico espesores de entre 2 y 7 μm (que son los que se pretende obtener de acuerdo con las normas de los programas a los que se va a operar), se suele utilizar una densidad de 0,3 – 0,4 A/dm^2 y una tensión de 21 ± 1 V. Estos valores oscilarán dentro del rango establecido dependiendo de las necesidades de la operación. La intensidad del rectificador de corriente que se necesitará dependerá de la carga de piezas del baño de anodizado, baño que se calculará para una carga de 2000 dm^2 y a una intensidad máxima de 0,4 A/dm^2 , por lo que se necesitarán 800 A. La corriente suministrada deberá ser corriente continua a partir de un equipo que se describirá posteriormente.

- Agitación: La agitación del baño será necesaria para la buena redistribución, disolución y contacto entre todos los componentes del baño, así como para uniformar la temperatura del mismo. Se puede disponer de las mismas opciones que para el baño del desengrase alcalino. La agitación por palas no sería posible debido al choque que producirían éstas con las piezas introducidas en el baño. El caso de la utilización de las bombas centrífugas de recirculación tampoco se plantearía debido a que para conseguir la agitación deseada el coste sería muy elevado. Por lo tanto se haría necesaria la agitación mediante aire a presión. La presión que deberá vencer el aire que circula por el sistema de agitación es pequeña, por lo que el sistema de agitación será de baja presión. El equipo utilizado para ello será una soplante que se describirá posteriormente junto al resto de los equipos.

- Tiempo de proceso: Este tiempo de anodizado dependerá del espesor que se precise conseguir. En este caso, el tiempo vendrá fijado por la norma del proceso y quedará establecido en 35 – 39 minutos.

- Espesores de anodizado: Los espesores que se conseguirán en el proceso de anodizado dependerán siempre de la aplicación que se le de a la pieza. En el caso de la industria aeronáutica, interesaría conseguir la capa porosa para que el proceso de pintado de las piezas se realice con mayor eficacia. En este sentido los espesores recomendables serán de 2 – 7 μm . Para otros usos como el caso de usos decorativos interiores, donde el ambiente no es agresivo, los espesores que se aplicarán serán de 5 a 10 μm . En aplicaciones donde la pieza vaya a ser sometida a atmósferas poco agresivas, los espesores serán de unas 15 μm . Si de lo que se habla es de atmósferas muy corrosivas, como ambientes marinos, los espesores aumentarán en 20 a 25 μm . En esos últimos casos, la finalidad de la capa anódica es la de conferir protección a la pieza, distinta al caso de la industria aeronáutica. La forma de aumentar estos espesores es aumentar el tiempo del proceso o ajustar la intensidad de corriente para hacer este tiempo menor. En todo caso, el espesor que se deberá aplicar en cada caso viene regulado en las normas UNE 38.010, que se utilizarán según la aplicación que se requiera.

Habrà que tener en cuenta que al operar con productos químicos que son tóxicos, se hace necesaria la instalación de un sistema de ventilación que elimine los gases contaminantes de la atmósfera cercana a los baños.

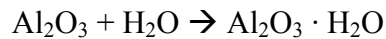
El anodizado como medio de protección es indispensable en cualquier aplicación del aluminio y sus aleaciones ya que, generalmente, se encuentra expuesto a condiciones ambientales susceptibles de causarle corrosión.

6.7. SELLADO.

En el apartado anterior quedo establecido que la capa de óxido es porosa, lo que es útil a la hora de la aplicación de pintura. Si el programa del cliente lo exige se procederá a hidratar dicha capa y a cerrar los poros. La operación de hidratación de la película

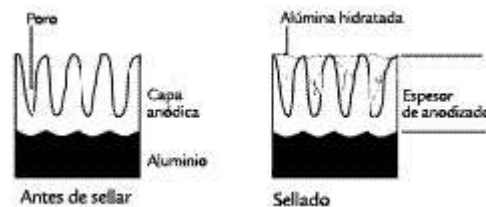
anódica recibe el nombre de sellado. De esta forma se conseguirá una mayor protección debido al proceso de anodizado y al proceso de sellado, aunque sin duda la pintura no se adherirá de la misma forma que si la pieza tuviera los poros abiertos. Antes de realizar esta operación, habrá que pasar la pieza por un baño de enjuague con agua desmineralizada y así evitar posibles contaminaciones del baño de anodizado al baño de sellado.

El procedimiento será el de sumergir la pieza en un baño con agua desmineralizada a una temperatura de 97 – 100 °C. Cuando se sumerja, una molécula de alúmina se irá uniendo a una molécula de agua formando alúmina monohidratada, conocida como Boehmita. Se dará la reacción de hidratación siguiente:



La misión que tendrán las moléculas de agua será la de cerrar los poros por completo y así se protegerá la capa de alúmina de cualquier agente que pudiera atacarla.

Visto gráficamente, el proceso de sellado sería el siguiente:



http://www.guia-ventana.com.ar/ver_notas.php?sec=1&id_notas=524

En este proceso se empleará agua desmineralizada para cumplir unos requisitos de calidad y así poder evitar cualquier contaminación que pueda tener el agua de la red suministradora. Las condiciones que debe presentar este agua de proceso son:

- silicatos < 10 p.p.m.

- sulfatos < 0,4 g/l

- cloruros < 0,3 g/l

- pH: 5,5 – 6,5

La temperatura del baño se alcanzará gracias a un serpentín que proporcionará el calor suficiente para mantener la temperatura de 97 – 100°C en todo el proceso de sellado. Será necesario contar con un sistema de aislamiento para evitar las posibles pérdidas de calor que pudiera sufrir el baño. Estos equipos se describirán posteriormente. Igualmente se instalará aquí también el pirómetro indicador.

Se añadirá al baño de sellado dicromato sódico ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) como aditivo en una concentración de 47,5 – 52,5 g/l que tendrá como misión la de mejorar las condiciones de operación del proceso de hidratación de la capa de alúmina y sobre todo de bajar el punto de ebullición del agua. La temperatura del baño está cerca del punto de ebullición del agua y puede existir un importante peligro de evaporación.

Se instalará un sistema de agitación por medio de aire limpio y seco que se introducirá por la parte inferior del baño para homogeneizar la disolución del baño. Así mismo se dispondrá de un sistema de extracción de gases para aspirar los vapores que emerjan del baño.

El proceso de sellado durará como mínimo 20 minutos.

Una vez realizado el proceso de sellado se procederá a enjuagar la pieza en un baño de agua desmineralizada y un posterior secado. Las piezas estarán listas para ser pintadas, almacenadas y posteriormente entregadas al cliente. Lo ideal sería que el almacenamiento de las piezas se realizara en una nave distinta a la del proceso de planta, en caso de no poder ser así, se podrá realizar dentro de la misma nave unas dependencias acondicionadas para ello, de forma que las piezas no queden expuestas a posibles deterioros debidos a agentes físicos o químicos. Es conveniente que las piezas se agrupen de forma que las superficies no sufran roces que puedan estropear su acabado y que una vez entregadas al cliente tengan las características adecuadas para su correcta aplicación.

7. INSTALACIONES.

Las instalaciones que se van a utilizar son tanto los baños de proceso diseñados para esta instalación como la obra civil que incluye los cubetos de retención para evitar que posibles derrames de productos químicos lleguen al exterior de la planta, teniendo en cuenta que se trata de elementos de seguridad. A continuación se describirá la instalación, con referencia a los cálculos que se realizarán en el apartado de Cálculos.

7.1. BAÑOS DE PROCESO.

En estos baños se van a realizar todas las etapas del proceso descritas en el apartado anterior. En total va a haber ocho baños, cuatro de ellos serán iguales porque corresponderán a las operaciones de enjuague, y los cuatro restantes se destinarán a cada una de las operaciones del proceso: desengrase alcalino, desoxidado, anodizado crómico y sellado.

Estos baños se diseñarán de la misma forma, siendo iguales entre ellos. Las medidas serán para cada uno de 2,6 x 1,5 x 8 metros (alto x ancho x largo). El material en el que se fabricarán será acero inoxidable AISI de 3mm de espesor.

Se podría haber recurrido a otra clase de materiales para la realización de los baños, como el caso del hormigón. Este material es más barato que el acero, pero se necesitaría mucho volumen de espacio para los nueve baños y su limpieza es bastante más problemática.

Los materiales plásticos tampoco servirían porque se necesitaría mucha cantidad para el diseño. El espesor, utilizando este tipo de material, sería elevado para soportar las condiciones con lo que el precio se dispararía y el espacio necesario también.

Los baños de acero inoxidable no necesitan un mantenimiento periódico y la reparación y el montaje son tarea fácil, comparada con los baños de hormigón o plástico.

Los baños se instalarán sobre el nivel del suelo para tener facilidad a la hora de realizar una inspección visual o detección de fugas de fluido al exterior. Se estima una vida media de los baños de 20 a 25 años. El mantenimiento que se llevará a cabo será una inspección visual periódica y se empleará un mantenimiento correctivo para los posibles daños que puedan presentarse.

7.1.1. BAÑO DE DESENGRASE ALCALINO.

Este baño es el primero que aparece en la línea de proceso del anodizado crómico.

- Construcción → estará construido en acero inoxidable AISI 304, que hace que tenga una gran resistencia a la corrosión a la solución que contendrá el baño. La chapa utilizada en la fabricación del baño tendrá un espesor de 3mm y reforzado con perfiles IPN de 80 mm del mismo material.

- Sistemas de calentamiento → el sistema de calentamiento del que dispondrá este baño será un serpentín de 50,8mm de diámetro y 1,5mm de espesor. El material del que estará formado es acero inoxidable AISI 304. Recorrerá el tanque por su parte inferior debido a que las piezas podrían engancharse si el serpentín se situara en los laterales de baño. La conexión al sistema general de calefacción se llevará a cabo a través de bridas soldadas al baño. De esta manera se conseguirá un calentamiento de la disolución en unas 3 ó 4 horas a partir de entonces se deberá tener instalados unos controladores que regulen el calentamiento.

- Sistema de aislamiento → este sistema será necesario porque la temperatura a la que va a trabajar esta baño será de 49 – 60°C y se necesitará reducir las pérdidas de calor que se produzcan y posibles quemaduras de operarios que deban trabajar en los alrededores del baño. El aislante que se utilizará es lana de roca de 80 mm de espesor, la cual se recubrirá de una chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm para que no sufra ningún deterioro. Esta chapa se unirá al baño mediante remaches del mismo material.

- Extracción localizada → ésta será necesaria para velar por la seguridad de los operarios, ya que la disolución contenida en el baño está constituida por sustancias que pueden liberar gases tóxicos para el organismo. Este sistema cumple con las

especificaciones en cuanto a normativa y medidas de seguridad de la correspondiente legislación.

- Llenado del baño → el baño se llenará de agua a través de la red general de agua desmineralizada. Esta red será descrita en apartados posteriores. La adición del Turco 4215 NCLT (desengrasante) se realizará por operarios cualificados a través de la pasarela de servicio. Será mezclada lentamente para evitar en lo posibles la liberación de gases nocivos o salpicaduras. El llenado del baño se realizará a través de tuberías de PVC de 1" de diámetro nominal.

- Vaciado del baño → el vaciado del baño se llevará a cabo a través de una tubería de 3" de diámetro nominal de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería irá soldada al baño junto con una brida del mismo material. El vaciado del baño de proceso será facilitado por el diseño del baño, ya que constará de una pendiente de un 1% que permitirá la eliminación de su contenido sin tener que disponer de equipos auxiliares.

- Sistema de agitación → la agitación de esta mezcla se llevará a cabo a través de la introducción de flujo de aire a baja presión por una tubería de PVC de 1^{1/2}" de diámetro nominal. La tubería será perforada para repartir uniformemente las burbujas ascendentes por todo el baño. El aire se introducirá por una soplante que será descrita posteriormente.

7.1.2. BAÑO DE DESOXIDADO.

La función de este baño será, como se indicó anteriormente, la de eliminar todos los óxidos y suciedad que no se hayan eliminados en etapas anteriores y completar así la etapa de limpieza de la pieza para la etapa de anodizado.

- Construcción → el baño se construirá de acero inoxidable AISI 304, que hace que tenga una gran resistencia a la corrosión a la solución que contendrá el baño. La chapa utilizada en la fabricación del baño tendrá un espesor de 3 mm y reforzado con perfiles IPN de 80 mm del mismo material.

- Extracción localizada → ésta será necesaria para velar por la seguridad de los operarios, ya que la disolución contenida en el baño contiene sustancias que pueden liberar gases tóxicos para el organismo. Este sistema cumple con las especificaciones en cuanto a normativa y medidas de seguridad de la correspondiente legislación.

- Llenado del baño → el baño se llenará de agua a través de la red general de agua desmineralizada. Esta red será descrita en apartados posteriores. La adición del ácido nítrico y el smut-go se realizará por operarios cualificados a través de la pasarela de servicio. Será añadido lentamente para evitar en lo posibles la liberación de gases nocivos o salpicaduras. El llenado del baño se realizará a través de tuberías de PVC de 1" de diámetro nominal.

- Vaciado del baño → el vaciado del baño se llevará a cabo a través de una tubería de 3" de diámetro nominal de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería irá soldada al baño junto con una brida del mismo material. El vaciado del baño de proceso será facilitado por el diseño del baño, ya que constará de una pendiente de un 1% que permitirá la eliminación de su contenido sin tener que disponer de equipos auxiliares.

- Sistema de agitación → la agitación de esta mezcla se llevará a cabo a través de la introducción de flujo de aire a baja presión por una tubería de PVC de 1^{1/2}" de diámetro. La tubería será perforada para repartir uniformemente las burbujas ascendentes por todo el baño. El aire se introducirá por una soplante que será descrita posteriormente.

7.1.3. BAÑOS DE ENJUAGUE.

En estos baño se procederá a realizar el enjuague de las piezas entre una etapa y otra del proceso de anodizado para así evitar cualquier posible contaminación de un baño a otro. No se dispondrá en este caso de sistemas de calentamiento ni aislamiento puesto que la temperatura de operación será temperatura ambiente.

- Construcción → serán construidos de acero inoxidable AISI 304 que resistirá bien la corrosión cuando se encuentre en contacto con las disoluciones de los baños que

precedan al enjuague. Las características de este acero permitirán utilizarlo para esta aplicación. La chapa utilizada en la fabricación del baño tendrá un espesor de 3mm y reforzado con perfiles IPN de 80 mm del mismo material.

- Llenado del baño → los baños de enjuague de agua desmineralizada se llenarán a través de la red general de agua desmineralizada mediante una tubería de PVC de 1" de diámetro nominal.

- Vaciado del baño → el vaciado del baño se llevará a cabo a través de una tubería de 3" de diámetro nominal de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería irá soldada al baño junto con una brida del mismo material. El vaciado del baño de proceso será facilitado por el diseño del baño, ya que constará de una pendiente de un 1% que permitirá la eliminación de su contenido sin tener que disponer de equipos auxiliares.

- Rebosadero → este rebosadero se localizará en la parte superior del baño. Constará de una tubería de acero inoxidable AISI 304 de 2" de diámetro nominal y soldada al baño de proceso igual que la tubería de vaciado del baño. Permitirá recoger y retirar producto en el caso que el baño rebosara por algún motivo desconocido. Este producto será tratado en una planta de depuración, descrita posteriormente, y conducido a la red general de alcantarillado.

7.1.4. BAÑO DE ANODIZADO CRÓMICO.

En este baño se realizará el proceso de anodizado en sí, donde se creará la capa de óxido de aluminio artificial en la superficie de la pieza. Esta capa protegerá al aluminio de ambientes agresivos que podrían corroerla si no la tuviera.

- Construcción → el baño se construirá con acero inoxidable AISI 316 que resistirá bien la corrosión cuando se encuentre en contacto con la disolución del baño. Las características de este acero permitirán utilizarlo para esta aplicación. La chapa utilizada en la fabricación del baño tendrá un espesor de 3mm y reforzado con perfiles IPN de 80 mm del mismo material.

- Sistema de calentamiento → se instalará un equipo de calentamiento capaz de alcanzar la temperatura de 35 ± 2 °C para que el proceso de anodizado se lleve a cabo correctamente. El sistema de calentamiento del que dispondrá este baño será un serpentín de 50,8mm de diámetro y 1,5mm de espesor. Recorrerá el tanque por su parte inferior debido a que las piezas podrían engancharse si el serpentín se situara en los laterales de baño. La conexión al sistema general de calefacción se llevará a cabo a través de bridas soldadas al baño. De esta manera se conseguirá un calentamiento de la disolución en unas 3 ó 4 horas a partir de entonces se deberá tener instalados unos controladores que regulen el calentamiento.

- Sistema de aislamiento → este sistema será necesario porque la temperatura a la que va a trabajar esta baño será de 33 – 37 °C y se necesitará reducir las pérdidas de calor que se produzcan y posibles quemaduras de operarios que deban trabajar en los alrededores del baño. El aislante que se utilizará es lana de roca de 80 mm de espesor, la cual se recubrirá de una chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm para que no sufra ningún deterioro. Esta chapa se unirá al baño mediante remaches del mismo material.

- Equipo eléctrico → para que se lleve a cabo el proceso de anodizado será necesario pasar una corriente de 21 ± 1 V a una intensidad de unos $0,35$ A / dm^2 . Para conducir esta corriente se utilizará un cátodo, que será unas placas de titanio colocadas en el interior del baño, un ánodo que lo formará la propia pieza a anodizar y un electrolito de ácido crómico a través del cual circule la corriente eléctrica.

- Extracción localizada → ésta será necesaria para velar por la seguridad de los operarios, ya que la disolución contenida en el baño contiene sustancias que pueden liberar gases tóxicos para el organismo. Este sistema cumple con las especificaciones en cuanto a normativa y medidas de seguridad de la correspondiente legislación.

- Llenado del baño → la introducción del agua al baño se realizará a través de la red de agua desmineralizada. Esta red será descrita en apartados posteriores. La adición del ácido crómico se realizará desde la pasarela de servicio a través de operarios cualificados lentamente para evitar posibles desprendimientos de gases nocivos o

salpicaduras. El llenado del baño se realizará a través de tuberías de PVC de 1" de diámetro nominal.

- Vaciado del baño → el vaciado del baño se llevará a cabo a través de una tubería de 3" de diámetro nominal de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería irá soldada al baño junto con una brida del mismo material. El vaciado del baño de proceso será facilitado por el diseño del baño, ya que constará de una pendiente de un 1% que permitirá la eliminación de su contenido sin tener que disponer de equipos auxiliares.

- Sistema de agitación → la agitación de esta mezcla se llevará a cabo a través de la introducción de flujo de aire a baja presión por una tubería de PVC de 1^{1/2}" de diámetro. La tubería será perforada para repartir uniformemente las burbujas ascendentes por todo el baño. El aire se introducirá por una soplante que será descrita posteriormente.

7.1.5. BAÑO DE SELLADO.

En este baño se realizará el sellado de las piezas que hayan sido anodizadas para, posteriormente, realizarles el último enjuague con agua desmineralizada y tener la pieza lista para pintarla. La capa de alúmina formada en la etapa de anodizado se hidratará tapando todos los poros existentes en ella.

- Construcción → el baño se construirá de acero inoxidable AISI 304 para estar protegido de la posible corrosión. Las características de este acero permitirán utilizarlo para esta aplicación. La chapa utilizada en la fabricación del baño tendrá un espesor de 3mm y reforzado con perfiles IPN de 80 mm del mismo material.

- Sistema de calentamiento → el sistema de calentamiento del que dispondrá este baño será un serpentín de 50,8mm de diámetro y 1,5mm de espesor. Recorrerá el tanque por su parte inferior debido a que las piezas podrían engancharse si el serpentín se situara en los laterales de baño. La conexión al sistema general de calefacción se llevará a cabo a través de bridas soldadas al baño. De esta manera se conseguirá un

calentamiento de la disolución en unas 3 ó 4 horas a partir de entonces se deberá tener instalados unos controladores que regulen el calentamiento.

- Sistema de aislamiento → este sistema será necesario porque la temperatura a la que va a trabajar esta baño será de 97 - 100°C y se necesitará reducir las pérdidas de calor que se produzcan y posibles quemaduras de operarios que deban trabajar en los alrededores del baño. El aislante que utilizaremos es lana de roca de 80 mm de espesor, la cual se recubrirá de una chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1mm de espesor para que no sufra ningún deterioro. Esta chapa se unirá al baño mediante remaches del mismo material.

- Llenado del baño → el baño se llenará a través de la red general de agua desmineralizada. Esta red será descrita en apartados posteriores. La adición del dicromato sódico se realizará por operarios cualificados a través de la pasarela de servicio. Será mezclada lentamente para evitar en lo posibles la liberación de gases nocivos o salpicaduras. El llenado del baño se realizará a través de tuberías de PVC de 1" de diámetro.

- Vaciado del baño → el vaciado del baño se llevará a cabo a través de una tubería de 3" de diámetro nominal de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería irá soldada al baño junto con una brida del mismo material. El vaciado del baño de proceso será facilitado por el diseño del baño, ya que constará de una pendiente de un 1% que permitirá la eliminación de su contenido sin tener que disponer de equipos auxiliares.

- Sistema de agitación → la agitación de esta mezcla se llevará a cabo a través de la introducción de flujo de aire a baja presión por una tubería de PVC de 1^{1/2}" de diámetro. La tubería será perforada para repartir uniformemente las burbujas ascendentes por todo el baño. El aire se introducirá por una soplante que será descrita posteriormente.

Con esto quedará finalizada la descripción de los baños de proceso, los datos sobre los cálculos del diseño se encontrarán en el apartado Cálculos.

7.2. EQUIPOS AUXILIARES.

La planta donde se ubicará la línea de anodizado crómico constará de una serie de equipos auxiliares necesarios para que los baños obtengan las óptimas condiciones de operación.

7.2.1. CALDERA DE ACEITE TÉRMICO.

En la planta, tres de los baños diseñados (desengrase alcalino, anodizado crómico y sellado) necesitarán un calentamiento de la disolución y mantener la temperatura de operación. Para poder alcanzar estas temperaturas utilizaremos una caldera de gas natural. Dicha caldera contendrá un serpentín que será calentado por este gas natural y que transportará aceite térmico a una temperatura de aproximadamente 250°C. Este aceite, que actúa como fluido calefactor, sale de la caldera y se desplaza hasta los serpentines situados en el fondo de los baños calentando así las disoluciones que éstos contienen.

El transporte del aceite hasta los serpentines de los baños se realiza a través de tuberías de acero inoxidable AISI 304. Dicha tubería lleva un aislante de lana de roca ya que el aceite discurre por la tubería a una temperatura de 250 °C y pueden existir riesgos de quemaduras, además de las pérdidas de calor que pueden producirse debido al contacto de la tubería con el aire.

La caldera térmica es capaz de suministrar un potencial calorífico de 1195 KW a una temperatura de aproximadamente de 250 °C.

7.2.2. RECTIFICADOR DE CORRIENTE.

El crecimiento de la capa de alúmina, resultado del proceso de anodizado, requiere que se produzca de forma electrolítica. Esto es posible debido a la introducción de una corriente eléctrica en el electrolito.

Las características de la corriente eléctrica son una tensión que oscila entre 20 y 22 V y una intensidad de corriente de 800 A. Se instalará un rectificador de corriente que sea capaz de suministrar una intensidad de 1000 A y una tensión de hasta 25 V.

La tensión deberá regularse en intervalos de al menos 0,2 V y el equipo deberá poseer todas las medidas de seguridad necesarias.

La corriente eléctrica será conducida al baño de anodizado a través de barras fijas de cobre.

Se prevé una automatización del proceso de anodizado con lo que el rectificador deberá estar provisto de todas las conexiones y controles que permitan realizar dicha automatización. Deberá disponer de controles que permitan variar la tensión desde el propio baño de anodizado. Estos controles estarán en un cuadro de control que deberá estar protegido contra todos los agentes agresivos que se encuentran en el lugar de trabajo.

7.2.3. SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE GASES.

Algunos de los baños que forman el proceso de anodizado crómico contienen productos de naturaleza tóxica que pueden producir riesgos de intoxicación. Como medida preventiva, se instalarán en los baños un sistema de aspiración de gases tóxicos para eliminar éstos y evitar así riesgos no deseados.

Será un sistema de extracción localizada de forma que la aspiración de los gases sea lo más eficaz posible. Constará de un conducto de acero inoxidable AISI 316 instalado en los laterales superiores de cada uno de los baños que requieran esta extracción. El conducto contiene una serie de ranuras que aspiran los gases desde el centro del baño. Estos gases son conducidos a un lavador de gases eliminando las sustancias tóxicas y liberando el aire depurado.

Los gases tóxicos se lavarán en una columna de absorción de gases a contracorriente con agua de red, este sistema estará provisto de un lecho fijo con relleno para facilitar el contacto. El caudal total de gases a extraer es de 106041,6 m³/h.

Para poder impulsar los gases a través de la columna de absorción se utilizará un extractor que debe proporcionar un caudal mínimo de 106041,6 m³/h, debiendo superar una pérdida de carga mínima de 288,78 mm.c.a.

7.2.4. AGITACIÓN.

Las disoluciones que contienen los baños de desengrase alcalino, desoxido, anodizado crómico y sellado requieren una homogeneización obtenida a través del sistema de agitación así como una correcta distribución de la temperatura de los baños. La agitación se consigue introduciendo una corriente de aire a baja presión a través de tuberías perforadas que entran por la parte inferior de los baños. Esta corriente de aire será proporcionada por dos soplantes, una por cada dos baños, con un caudal de 288 m³/h por cada soplante.

La soplante toma aire de la atmósfera a través de un filtro que eliminará todo tipo de impurezas que pueda contener el aire y a su vez pudiera contaminar los baños, asimismo libera al aire de la humedad con lo que proporciona aire limpio y seco. El equipo de agitación, incluyendo las paletas de impulsión, debe ser fabricado en acero inoxidable AISI 304 o bien acero inoxidable 316 para prevenirlo de cualquier ataque que pueda sufrir por parte de la atmósfera contaminada. La red de tuberías que forman parte del sistema es de PVC de 1^{1/2}" de diámetro nominal, estas tuberías conducirán el aire proporcionado por la soplante a cada uno de los baños que precisen del sistema de agitación.

La sujeción de las tuberías al fondo de los baños se realizará mediante bridas de acero inoxidable AISI 304 y 316 soldadas al fondo. Se debe tener en cuenta el hecho de no deteriorar la tubería al realizar la soldadura por efectos del calor.

La localización de las soplantes se representa en los planos correspondientes, siendo dicha disposición la más favorable para evitar pérdidas de carga mayores que obligarían el uso de una soplante de mayor potencia.

7.2.5. EQUIPO DE AGUA DESMINERALIZADA.

Como se ha comentado anteriormente en el punto 6.1, “*Descripción general del proceso*”, los baños donde se realiza el enjuague de las piezas junto con el resto de los baños están compuestos de agua desmineralizada. Esta agua que se utiliza para realizar el enjuague debe mantener una determinada calidad, por lo que es necesaria una regeneración del agua a medida que los baños se vayan contaminando con los productos procedentes de otros baños. Esta contaminación se debe a los productos que traen las piezas adheridas de baños anteriores y que deben eliminarse en estos baños de enjuague para, de esta forma, no contaminar los baños posteriores.

Según la bibliografía, es necesario realizar una renovación de al menos 5000 l/h por cada baño, siendo éstos un total de cuatro. Además de los baños de enjuague, es necesario añadir agua desmineralizada en los demás baños para mantener las concentraciones en unos límites determinados. Necesitaremos un equipo que suministre un caudal de 30000 l/h. Hay que tener en cuenta que tras un tiempo de operación las disoluciones pierden sus propiedades y es necesario realizar una reposición del baño.

Las condiciones del agua inicial que se requieren para este equipo son:

- Concentración de silicatos → < 10 ppm
- Concentración de sulfatos → < 0,4 g/l
- Concentración de cloruros → < 0,3 g/l
- pH entre 5,5 y 6,5.
- Libre de materia orgánica.

El caudal que aporta el equipo de agua desmineralizada es transportado a los baños mediante tuberías de PVC de 1” de diámetro. Estas tuberías llegarán a todos los baños que requieran agua desmineralizada.

El equipo de agua desmineralizada cuenta con un sistema de pretratamiento para alargar el tiempo de vida de la cadena desmineralizadora. Este sistema consiste en un equipo de ósmosis inversa para la obtención de esta agua y así optimizar el rendimiento del desmineralizador. Para proteger al equipo de ósmosis inversa se incluye, en la etapa de pretratamiento, un proceso de filtración donde el agua de red pasa a través de un filtro de doble malla retirándose así las partículas en suspensión y evitando las posibles obstrucciones en equipos posteriores. La siguiente etapa consiste en un proceso de decoloración donde el agua filtrada pasa a través de un lecho de carbón activo donde se va a eliminar el hipoclorito y los restos de sustancias cloradas que pueden ser perjudiciales para la membrana de ósmosis inversa. A continuación el agua sufre un proceso de descalcificación mediante el uso de un descalcificador duplex de resina de intercambio iónico. Este descalcificador va a eliminar los iones calcio y magnesio causantes de la dureza del agua. Finalmente el agua pasa por el equipo de ósmosis inversa y a continuación es almacenada a la espera de ser introducida en el equipo de agua desmineralizada. En dicho equipo se produce la retención de las sales presentes en el agua y a la salida el agua es conducida a los baños de enjuague y a los baños que la necesiten.

7.2.6. DEPURADORA.

En el proceso de anodizado crómico se utilizan productos químicos que son tóxicos con lo que hay que pensar en la forma de eliminarlos. Para realizar esta eliminación de contaminantes se recurre a la utilización de dos pequeñas plantas depuradoras, que deberán tener una capacidad de 20 m³/h aproximadamente cada una. El caudal de fluidos que va a recibir la depuradora va a ser el correspondiente a la renovación de los cuatro baños de enjuague que van a contener las sustancias contaminantes resultantes de dicho enjuague. Además las plantas depuradoras deberán ser capaces de depurar los fluidos pertenecientes de las disoluciones de los baños, aunque esta operación sólo se realiza en situaciones excepcionales de limpieza de baños por regeneración completa, etc...

La planta depuradora consta de un equipo neutralizador en el que mediante hidróxido sódico y ácido clorhídrico se neutralizarán las corrientes provenientes de los baños. Todas las sustancias contaminantes que traigan consigo las corrientes formarán en el reactor del sistema lodos que serán eliminados y retirados por una empresa de residuos autorizada.

El principal residuo peligroso que se va a obtener es el Cr^{VI} proveniente del baño de anodizado crómico.

El vertido fluido debe poseer las siguientes características que se analizarán periódicamente por el personal de laboratorio:

- pH entre 6 – 9
- aluminio < 2 ppm
- Cr^{VI} < 0,05 ppm
- Fe^{+2} < 10 ppm
- Fe^{+3} < 10 ppm

7.2.7. PUENTE GRÚA.

Para poder realizar el transporte de las piezas entre y a los baños de la planta de procesos se precisa la instalación de un puente grúa. Éste debe ser capaz de transportar los perfiles y las planchas de operación en operación por lo que debe soportar una carga máxima de 3,2 Tn y permitir una velocidad de elevación entre 0,45 – 3 m/min.

El puente grúa debe poseer dos ganchos de forma independiente para poder accionarlos a la hora de transportar la barra de cobre con las piezas. En esta barra se colgarán las piezas que vayan a ser anodizadas, y una vez preparadas, el puente grúa la enganchará para empezar a realizar el proceso.

7.2.8. OBRA CIVIL.

La instalación de una planta de procesos requiere un acondicionamiento de las instalaciones existentes, las cuales no disponen de las características adecuadas para este tipo de industria.

La nave debe estar provista de una ventilación general, ajustada a la legislación vigente y tendrá una tasa de renovación del aire interior de acuerdo con los vapores emanados por los baños de proceso.

Las instalaciones también dispondrán de un sistema contra incendios adecuado a este tipo de instalaciones.

Los equipos descritos en esta memoria descriptiva funcionan con energía eléctrica, por lo que hay que disponer de un sistema de suministro de energía eléctrica con la potencia y características necesarias para el buen funcionamiento de todos los equipos.

Los ocho baños que constituyen la cadena de anodizado crómico irán rodeados de cubetos de retención para evitar el vertido de las disoluciones en caso de algún accidente. Los cubetos van a rodear a dos baños cada uno debido a que en caso de accidente no se mezclen disoluciones ácidas y básicas y puedan desencadenar una serie de reacciones no deseadas. El primer cubeto rodeará al baño de desengrase alcalino y al baño de enjuague nº 1, el segundo cubeto al baño de desoxidado y al baño de enjuague nº 2, el tercer cubeto al baño de anodizado crómico y al baño de enjuague nº 3 y, por último, el cuarto cubeto corresponderá al baño de sellado y al baño de enjuague nº 4.

Los cubetos de retención tendrán 9 metros de largo y 5 metros de ancho lo que hace un total de 45 m². A este área total habrá que restarle el área ocupada por los dos baños, 24 m², quedando un área perimetral alrededor de los baños de 21 m². Se ha de tener en cuenta que el cubeto de retención tendrá una altura de 1,6 metros con lo que el volumen que será capaz de albergar el cubeto será de 33,6 m³ (33600 litros), algo más de la capacidad de un baño. Este volumen da la suficiente seguridad en el caso que se produzca algún accidente.

Los baños estarán apoyados sobre una base de hormigón armado adecuado a su peso y dimensiones. El área perimetral será construido también de hormigón armado e irá cubierta de una rejilla de acero inoxidable AISI 316 para prevenir la posible corrosión por alguna de las disoluciones. Esta rejilla, (que se accederá a ella a través de una escalera), servirá a su vez de pasarela en la parte delantera de los baños ya que estará a 1,6 metros de altura, con lo que una persona subida en ella tendrá los baños a 1 metro de altura.

Con el objetivo de llevar a cabo un mantenimiento periódico de los baños en cuanto a concentraciones de los reactivos de las disoluciones, niveles de calidad... se instalará en la planta de procesos un laboratorio físico-químico. Dicho laboratorio cumplirá con las condiciones de seguridad necesarias y dispondrá todo el material necesario para llevar a cabo sus tareas.

Las instalaciones cuentan también con un vestuario donde el personal de la planta podrá realizar sus tareas de higiene y aseo.

8. REGIMEN DE FABRICACIÓN

8.1. MANO DE OBRA

Las instalaciones de la planta de proceso necesitan disponer de mano de obra especializada. Dicha mano de obra que requerirá la planta de proceso estará constituida por un Ingeniero Químico, cuyas tareas serán las de planificación de la producción, control de calidad, supervisión del personal y resolución de los posibles problemas que pudieran presentarse.

Un técnico de laboratorio, que llevará el control periódico de los baños de proceso, junto a las tareas de apoyo a la producción y a los ensayos que sean necesarios para mantener el control de calidad de los productos y procesos de la empresa.

Se necesitarán además varios operarios de planta que se encargarán de la recepción de materias primas, producción de piezas anodizadas, preparación de las piezas para que sean entregadas a los clientes.

Para la elección del personal se realizará un proceso de selección y una vez elegidos, se les dará una formación en las tareas que vayan a realizar en la planta. Estos requerimientos de mano de obra son fáciles de encontrar en la provincia de Cádiz, que consta de una gran cantidad de ingenieros, licenciados u operarios dispuestos a desarrollar esta labor.

Es importante que los trabajadores que vayan a incorporarse tengan conocimientos de seguridad y salud en el lugar de trabajo. Por ello, dentro de la formación a recibir, deberá constar un curso en el que se le den información sobre las propiedades de los productos químicos que se almacenarán en la planta, la función y el buen uso de las instalaciones de seguridad y los equipos de protección personal, las posibles consecuencias de un incorrecto funcionamiento de las instalaciones, equipos de protección personal... junto con unas normas de actuación en caso de que ocurriera, el peligro que conlleva un derrame o una fuga de los líquidos almacenados y las acciones que se deben de tomar.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Resistencia de Materiales, L. Ortiz Berrocal. Ed. McGraw Hill.
- Raymon Jefferson, Ed. McGraw Hill, London, 1975.
- Transmisión de Calor, Alan J. Chapman, Ed. Bellisco.
- Manual de Higiene Industrial, Ed. Fundación MAPFRE, Madrid, 1991.
- Catalogo General, Soler and Pau, Año 2001.
- Acondicionamiento del Aire y Refrigeración, Carlo Pizzetti, Ed. Bellisco, Madrid 1991.
- Chemical Engineer's Handbook, Perry & Chilton, Ed. McGraw Hill.
- Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Reza García, Clemente. Ed. McGraw Hill. 1989.
- El aluminio y sus aleaciones, Ed McGregor, 1999.
- Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Ed. McGraw Hill. 3ª Edición (1998).
- Teoría de la corrosión, Madrid, 1984. CSIC.
- Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor, Levenspiel. Ed. Reverté.
- Operaciones Básicas de la Ingeniería Química, McCabe y Smit. Ed. Reverté.

- Control de la corrosión: Estudio y medida por técnicas electroquímicas. A. González.
- Turco Española., S.A.
- Brenntag Química., S.A.
- <http://www.kr2-egb.com.ar/anodizado.htm>
- http://www.guia-ventana.com.ar/ver_nota.php?sec=1&id_nota=524
- <http://www.rockwool.es/graphics/>
- <http://www.pirobloc.com/pirobloc.asp?Accion=Web&Ver=Productos&IDM=3&IDSM=7>
- http://sonder-regulacion.com/Castellano/folletos/Serie_ECS-AS.pdf
- http://www.ambientum.com/generare.asp?ID_E=100000423
- www.boe.es
- <http://www.apliband.com/anodizado4.htm>
- <http://aluminio.tk/Anodizado.htm>
- http://www.guia-ventana.com.ar/ver_nota.php
- <http://www.kr2-egb.com.ar/anodizado.htm>
- <http://www.coitiab.es/reglamentos>
- <http://personales.com/espana/madrid/ALUMINIONET/ANODIZADO.htm>

- <http://www.mapner.com>
- <http://www.solerpalau.es>
- http://www.acapomil.cl/investigacion/boletines/boletin_2004/articulos/aluminio.htm
- <http://www.alu-stock.es/tecnica/proteccion.html>

Anexos

*Cálculos,
Tablas y gráficas,
Fichas de seguridad.*

Cálculos

Índice.

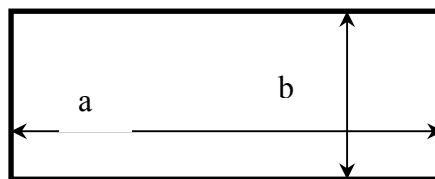
1. DISEÑO DE LOS BAÑOS DE PROCESO.....	2
1.1. Zonas del baño sometidas a esfuerzo.....	2
1.2. Cálculo de las dimensiones a y b de la chapa.....	3
1.3. Optimización del diseño de los baños de proceso.....	11
1.4. Cálculo de los cordones de soldaduras.....	16
2. CÁLCULOS DE LOS AISLANTES DE LOS BAÑOS.....	19
3. CÁLCULO DE LOS SERPENTINES DE LOS BAÑOS.....	25
4. CÁLCULO DE LA CALDERA DE CALEFACCIÓN.....	36
5. CÁLCULO DEL AISLANTE DE LA TUBERIA DE CALEFACCIÓN.....	39
5.1. Optimización del diseño del aislamiento de las tuberías.....	41
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE GASES.....	43
7. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN DE LOS BAÑOS.....	49

1. DISEÑO DE LOS BAÑOS DE PROCESO.

Las dimensiones de los baños vendrán determinadas de acuerdo con el tipo de piezas a tratar. Por una parte, estas piezas son principalmente perfiles de aluminio de hasta 7 metros de longitud por lo que el largo de los baños será al menos de 8 metros para facilitar la maniobra de la grúa en la introducción de los perfiles en los baños. Por otra parte, también se tratarán planchas de aluminio de hasta 2 metros de altura, con lo que la altura de los baños será de 2,6 metros. Las barras en las que se colgarán las piezas que vayan a ser procesadas será de 400 mm de ancho para que puedan suspenderse varias planchas a la vez. El ancho de los baños será de 1,5 metros para poder colocar el soporte de las piezas y que quede espacio suficiente para que el proceso se dé correctamente.

1.1. ZONAS DEL BAÑO SOMETIDAS A ESFUERZO.

El baño se divide en pequeñas áreas independientes que se analizarán como chapas sometidas a una carga uniforme. Estas áreas estarán definidas por dos parámetros, a y b , que corresponden el espacio encerrado entre los centros de los perfiles que las soportan.



Las citadas dimensiones proporcionarán una relación entre la separación que existe entre los perfiles y por tanto del tamaño que tendrán los mismos, así el número de perfiles que deberán soportar el baño. Finalmente se desarrollarán unos cálculos de optimización que permitirán asignar los valores de a y b que conducen al valor mínimo de coste del baño.

Con objeto de minimizar los efectos producidos en los bordes se fijarán las distancias de los perfiles a los bordes del baño en un valor de $a_1 = 300 \text{ mm}$ y $b_1 = 250 \text{ mm}$.

1.2.CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES A Y B DE LA CHAPA.

Indudablemente, las características de la disolución que contenga el baño condiciona la elección del material que se use para su construcción. Así, los materiales más utilizados serán el acero inoxidable tipo 304 y el acero inoxidable tipo 316. Los perfiles a utilizar serán todos de acero inoxidable tipo 304, aunque en el caso del baño de anodizado se utilizará acero inoxidable 316 debido a los problemas de corrosión inherentes al empleo de la disolución de ácido crómico.

Es preciso resaltar que para realizar los cálculos, no se realizarán distinciones entre un acero y otro debido a que sus parámetros estructurales son muy similares en los dos casos.

Inicialmente se definirán una serie de variables fijas para todos los cálculos:

- $\sigma_{\text{máx}} = 2200 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow$ viene determinado por el tipo de material a utilizar.
- $\sigma_{\text{adm}} = 1833 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow$ el coeficiente de seguridad que se usará es 1,2, por lo tanto, $\sigma_{\text{máx}} = 1,2 \cdot \sigma_{\text{adm}}$.
- $\rho_{\text{acero}} = 8,06 \text{ Kg/l}$
- $A_{\text{baño}} = 61,4 \text{ m}^2$
- Carga del baño, $q \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)$. Los cálculos se realizarán a la chapa que está

sometida al mayor esfuerzo dentro del baño, esta chapa es la del fondo del baño. La carga en el fondo se obtendrá de acuerdo con la presión que ejerce la disolución en ese punto. Para calcular esta carga se considerará la altura del baño y la densidad de la disolución que contiene. Al objeto de proporcionar una mayor seguridad a los cálculos de las dimensiones de los baños se tomará

el dato que corresponde a la solución empleada de mayor densidad. Las densidades de las disoluciones empleadas en el proceso son las siguientes:

- $\rho_{desengrase} = 1,025 \text{ Kg/l}$
- $\rho_{desoxidado} = 1,2 \text{ Kg/l}$
- $\rho_{anodizado} = 1,036 \text{ Kg/l}$
- $\rho_{sellado} = 1,034 \text{ Kg/l}$
- $\rho_{enjuagues} = 1,0 \text{ Kg/l}$

De esta forma la carga del baño se calculará como:

$$q_{\text{máx}} = \rho_{\text{máx}} \cdot h_{\text{baño}} = 1,2 \text{ Kg/l} \cdot 26 \text{ dm} = 31,2 \text{ Kg/dm}^2 = 0,312 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Una vez definidos estos valores, se calcularán las dimensiones de la chapa en función de su espesor y la relación que existe entre a y b . Para realizar este cálculo se utilizará la expresión de Roark para una chapa de espesor constante empotrada en sus extremos sometida a una carga uniforme:

$$\sigma = \frac{\beta \cdot q \cdot b^2}{t^2} \quad \text{Ecuación 2}$$

Los parámetros que aparecen en la expresión son β : coeficiente de la ecuación que es función de la relación a/b , q : carga por unidad de área, b : la dimensión b de la chapa, t : el espesor de la chapa y σ : la tensión admisible del material.

En primer lugar se calcularán valores de b (cm) despejándolos de la expresión de Roark para distintos espesores de chapa en milímetros y distinta relación a/b :

Tabla 1. Valores de b (cm)

Espesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	coeficiente
1	13,766	27,533	41,299	55,066	68,832	82,599	96,365	110,132	123,898	0,31
1,2	12,434	24,868	37,302	49,736	62,170	74,604	87,038	99,472	111,906	0,38
1,4	11,555	23,110	34,666	46,221	57,776	69,331	80,886	92,442	103,997	0,44
1,6	11,180	22,361	33,541	44,721	55,902	67,082	78,262	89,443	100,623	0,47
1,8	10,950	21,900	32,849	43,799	54,749	65,699	76,649	87,598	98,548	0,49
2	10,840	21,679	32,519	43,359	54,199	65,038	75,878	86,718	97,558	0,5

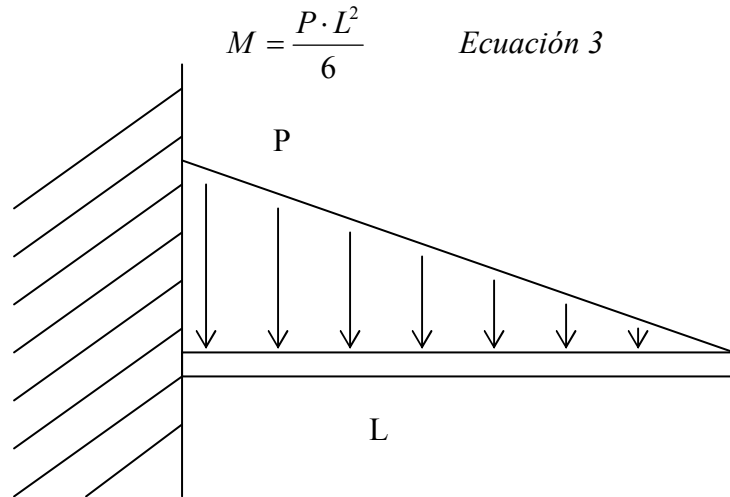
Una vez calculados los valores de b , se calcularán los de a mediante la relación a/b :

Tabla 2. Valores de a (cm)

Espesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13,766	27,533	41,299	55,066	68,832	82,599	96,365	110,132	123,898
1,2	14,921	29,842	44,763	59,683	74,604	89,525	104,446	119,367	134,288
1,4	16,177	32,355	48,532	64,709	80,886	97,064	113,241	129,418	145,596
1,6	17,889	35,777	53,666	71,554	89,443	107,331	125,220	143,108	160,997
1,8	19,710	39,419	59,129	78,839	98,548	118,258	137,967	157,677	177,387
2	21,679	43,359	65,038	86,718	108,397	130,077	151,756	173,436	195,115

Se han obtenido las dimensiones de la chapa, ahora se calculará el momento que sufrirá un perfil transversal del baño que tiene una separación con el perfil siguiente de " a " cm.

Teniendo en cuenta el caso más desfavorable, el momento se calculará como el momento al que es sometida una viga empotrada en un extremo y libre en el otro, bajo una carga uniforme de geometría triangular. El momento en este caso viene definido por la expresión:



Teniendo en cuenta que $P = q \cdot a \cdot \frac{150}{2}$, siendo a la separación entre los perfiles y $\frac{150}{2} = 75cm$ la distancia existente desde el centro del baño hasta el perfil más cercano.

El parámetro L es la longitud de la viga que será la altura del baño ($260cm$). Así se obtendrán los momentos en función del espesor de la chapa.

Tabla 3. Momento del perfil, M (Kg·cm), debido a la distancia a

Espeor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	13959,217	27918,433	41877,650	55836,866	69796,083	83755,299	97714,516	111673,732	125632,949
1,2	15129,736	30259,471	45389,207	60518,942	75648,678	90778,414	105908,149	121037,885	136167,620
1,4	16403,767	32807,534	49211,301	65615,067	82018,834	98422,601	114826,368	131230,135	147633,902
1,6	18138,983	36277,967	54416,950	72555,934	90694,917	108833,901	126972,884	145111,867	163250,851
1,8	19985,562	39971,123	59956,685	79942,246	99927,808	119913,369	139898,931	159884,492	179870,054
2	21982,996	43965,992	65948,988	87931,985	109914,981	131897,977	153880,973	175863,969	197846,965

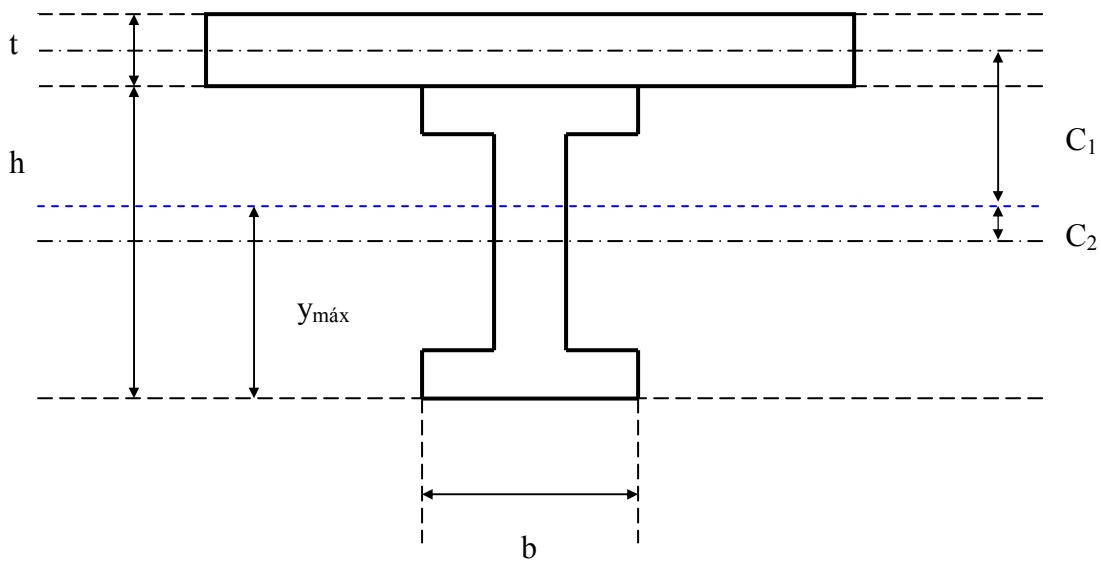
Una vez obtenido el momento M se calculará el módulo resistente W (cm^3) en función del espesor de la chapa y la relación a/b , que vendrá dado por:

$$\sigma = \frac{M}{W} \rightarrow W = \frac{M}{\sigma} \quad \text{Ecuación 4}$$

Tabla 4. Modulo Resistente del perfil, W(cm³)

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7,616	15,231	22,847	30,462	38,078	45,693	53,309	60,924	68,540
1,2	8,254	16,508	24,762	33,016	41,270	49,525	57,779	66,033	74,287
1,4	8,949	17,898	26,847	35,797	44,746	53,695	62,644	71,593	80,542
1,6	9,896	19,792	29,687	39,583	49,479	59,375	69,271	79,166	89,062
1,8	10,903	21,806	32,710	43,613	54,516	65,419	76,322	87,226	98,129
2	11,993	23,986	35,979	47,972	59,965	71,957	83,950	95,943	107,936

Como paso siguiente se realizará la comparación entre estos módulos resistentes obtenidos con los módulos resistentes de un sistema formado por un perfil y una chapa. Este módulo, que se calculará a continuación, es característico de cada sistema. Así, se supondrá un sistema formado por un perfil normalizado IPN, representado con todas sus dimensiones características en la tabla 3 de los anexos. El sistema que se supondrá es el siguiente:



Siendo:

- h: altura del perfil
- t: espesor de la chapa
- b: anchura del perfil (viene tabulada en la tabla 3 de los anexos).

- C_1 : distancia desde el centro de gravedad del sistema al centro de gravedad de la chapa.
- C_2 : distancia desde el centro de gravedad del sistema al centro de gravedad del perfil.

Para conocer el centro de gravedad del sistema, $y_0(cm)$, se realizará un balance al centro de gravedad del sistema. Los parámetros de cada elemento serán:

- $A_1 = \text{Área de la chapa.}$
- $A_2 = \text{Área del perfil (viene tabulada en la tabla 3 de los anexos).}$
- $y_1 = \text{distancia del eje de referencia al centro de gravedad de la chapa.}$
- $y_2 = \text{distancia del eje de referencia al centro de gravedad del perfil.}$
- $y_0 = \text{distancia del eje de referencia al centro de gravedad del sistema.}$

El balance sería:

$$A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 = A_{total} \cdot y_0 \quad \text{Ecuación 5}$$

Si se analizan los términos se obtendría:

$$A_1 = t \cdot (60t + b) \quad y_1 = \frac{t}{2}$$

$$A_2 = \text{tabulado} \quad y_2 = t + \frac{h}{2}$$

$$\left[(t \cdot (60t + b)) \cdot \left(\frac{t}{2} \right) \right] + \left[A_2 \cdot \left(t + \left(\frac{h}{2} \right) \right) \right] = \left[(t \cdot (60t + b)) + A_2 \right] \cdot y_0 \quad \text{Ecuación 5.1}$$

Se despejaría el término de $y_0(cm)$ para el sistema planteado anteriormente según el espesor de la chapa y el tipo de perfil.

Tabla 5. y_0 (cm) del sistema

Esesor IPN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	3,620	2,972	2,289	1,888	1,555	1,328	1,176	1,076	1,013
100	4,625	3,961	3,210	2,683	2,230	1,896	1,654	1,480	1,357
120	5,636	4,977	4,192	3,571	3,015	2,577	2,242	1,988	1,797
140	6,646	6,001	5,202	4,514	3,875	3,346	2,921	2,585	2,322
160	7,653	7,022	6,221	5,487	4,783	4,175	3,668	3,253	2,918
180	8,662	8,049	7,256	6,494	5,741	5,068	4,488	4,000	3,593
200	9,669	9,075	8,294	7,517	6,729	6,003	5,360	4,805	4,331

Para obtener el módulo resistente (W), se deberá conocer antes el módulo de inercia (I) del sistema, que vendrá dado por:

- Chapa: $I_1 = \left(\frac{base \cdot h^3}{12} \right) + ((base \cdot h) \cdot C_1^2)$; donde $C_1 = y_0 - \frac{t}{2}$
 - Perfil: $I_2 = I_{perfil} + (A_{perfil} \cdot C_2^2)$; donde I_{perfil} y A_{perfil} están tabuladas y
- $$C_2 = (t + h) - \left(\frac{h}{2} + y_0 \right)$$

De esta forma el modulo de inercia (I) del sistema en cm^4 será:

$$I = \left[\left(\frac{base \cdot h^3}{12} \right) + ((base \cdot h) \cdot C_1^2) \right] + [I_{perfil} + (A_{perfil} \cdot C_2^2)] \quad \text{Ecuación 6}$$

Los valores de I (cm^4) del sistema en función del espesor de la chapa y del tipo de perfil son los siguientes.

Tabla 6. Módulo de inercia del sistema, I(cm^4)

Esesor IPN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	92,547	115,966	138,976	157,922	173,020	185,165	195,318	204,231	212,463
100	196,416	237,969	281,962	320,922	353,316	379,827	401,810	420,538	437,039
120	367,878	433,926	507,805	577,260	637,685	688,606	731,349	767,637	799,061
140	631,592	728,858	841,962	953,378	1054,328	1142,082	1217,214	1281,559	1337,198
160	1017,016	1152,559	1314,455	1479,720	1634,646	1773,226	1894,427	1999,649	2091,203
180	1560,670	1742,249	1963,516	2196,017	2420,513	2626,735	2811,041	2973,635	3116,587
200	2285,012	2520,725	2812,095	3125,326	3435,351	3726,899	3992,804	4231,246	4443,436

Por último, se calculará el módulo resistente del sistema, W (cm^3), que viene dado por la expresión:

$$W = \frac{I}{y_{\text{máx}}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Siendo $y_{\text{máx}}$ la máxima distancia a los ejes superior o inferior del sistema desde y_0 . En este caso el valor de $y_{\text{máx}}$ es de: $y_{\text{máx}} = h + t - y_0$. Teniendo ésto en cuenta, se calcularán los módulos de inercia del sistema en función del espesor de la chapa y del tipo de perfil.

Tabla 7. Módulos resistentes del sistema, W (cm^3)

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	20,656	22,183	23,120	24,251	24,914	25,463	25,959	26,441	26,937
100	35,877	38,145	39,771	41,586	42,725	43,638	44,417	45,122	45,796
120	56,910	60,078	62,631	65,379	67,229	68,706	69,932	70,997	71,965
140	84,730	88,891	92,545	96,440	99,231	101,481	103,336	104,916	106,310
160	120,402	125,579	130,414	135,597	139,505	142,711	145,366	147,613	149,565
180	165,355	171,633	177,788	184,450	189,710	194,112	197,795	200,915	203,609
200	219,066	226,578	234,233	242,591	249,459	255,325	260,295	264,528	268,179

Estos módulos resistentes se utilizan para compararlos con los obtenidos anteriormente para el perfil y la chapa en función de la relación a/b y del espesor de la chapa y así obtener el tipo de perfil y el espesor a utilizar en la construcción de los baños. También se obtendrán los parámetros a y b de las chapas.

Tabla 8. Modulo Resistente, W (cm^3), del perfil y la chapa en función de la relación a/b y del espesor de la chapa

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7,616	15,231	22,847	30,462	38,078	45,693	53,309	60,924	68,540
1,2	8,254	16,508	24,762	33,016	41,270	49,525	57,779	66,033	74,287
1,4	8,949	17,898	26,847	35,797	44,746	53,695	62,644	71,593	80,542
1,6	9,896	19,792	29,687	39,583	49,479	59,375	69,271	79,166	89,062
1,8	10,903	21,806	32,710	43,613	54,516	65,419	76,322	87,226	98,129
2	11,993	23,986	35,979	47,972	59,965	71,957	83,950	95,943	107,936

Tabla 9. Módulos resistentes del sistema, W (cm³)

Espesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	20,656	22,183	23,120	24,251	24,914	25,463	25,959	26,441	26,937
100	35,877	38,145	39,771	41,586	42,725	43,638	44,417	45,122	45,796
120	56,910	60,078	62,631	65,379	67,229	68,706	69,932	70,997	71,965
140	84,730	88,891	92,545	96,440	99,231	101,481	103,336	104,916	106,310
160	120,402	125,579	130,414	135,597	139,505	142,711	145,366	147,613	149,565
180	165,355	171,633	177,788	184,450	189,710	194,112	197,795	200,915	203,609
200	219,066	226,578	234,233	242,591	249,459	255,325	260,295	264,528	268,179

Esta comparación sirve para confirmar que un perfil IPN 80 con una chapa de 3 mm de espesor podrá soportar un módulo resistente de 23,120 cm³ como máximo. Este módulo, de acuerdo con la Tabla 8, daría una relación de $a/b = 1$. Si estos valores de espesor y relación a/b se llevan a las tablas donde se calcularon los valores de a y b (tablas 1 y 2), se obtendrá un valor de $a = b = 412,99 \text{ mm}$.

1.3. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE LOS BAÑOS DE PROCESO.

Conocidos estos datos se dispondrá a optimizar económicamente el diseño de los baños de proceso. En primer lugar, se calcularán, teniendo las dimensiones de la chapa y del perfil, el número de perfiles que es preciso colocar en cada cara del baño. Así, se calcularán las de las caras laterales, las caras delantera y trasera y la del fondo del baño. Para calcularlos, se tendrá en cuenta las distancias fijadas a los bordes de los baños: $a_1 = 300 \text{ mm}$ y $b_1 = 250 \text{ mm}$.

Cálculo del número de perfiles necesarios para las caras laterales de 8 metros de largo:

$$N^{\circ} \text{ Perfiles} = \frac{800 - 80}{a} \cdot 2 \quad \text{Ecuación 8}$$

Cálculo del número de perfiles necesarios para las caras delantera y trasera de 1,5 metros de ancho:

$$N^{\circ} \text{ Perfiles} = \frac{150 - 70}{b} \cdot 2 \quad \text{Ecuación 9}$$

Cálculo del número de perfiles necesarios para el fondo del baño:

$$N^{\circ} \text{ Perfiles} = \frac{800 - 80}{a} + \frac{150 - 70}{b} \quad \text{Ecuación 10}$$

Se obtendrán el número de perfiles en función de la relación a/b de la chapa y de su espesor.

Tabla 10. Perfiles de las caras laterales

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	105	52	35	26	21	17	15	13	12
1,2	97	48	32	24	19	16	14	12	11
1,4	89	45	30	22	18	15	13	11	10
1,6	80	40	27	20	16	13	11	10	9
1,8	73	37	24	18	15	12	10	9	8
2	66	33	22	17	13	11	9	8	7

Tabla 11. Perfiles de las caras frontal y trasera

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	12	6	4	3	2	2	2	1	1
1,2	13	6	4	3	3	2	2	2	1
1,4	14	7	5	3	3	2	2	2	2
1,6	14	7	5	4	3	2	2	2	2
1,8	15	7	5	4	3	2	2	2	2
2	15	7	5	4	3	2	2	2	2

Tabla 12. Perfiles del fondo del baño con respecto a la dimensión a

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	52	26	17	13	10	9	7	7	6
1,2	48	24	16	12	10	8	7	6	5
1,4	45	22	15	11	9	7	6	6	5
1,6	40	20	13	10	8	7	6	5	4
1,8	37	18	12	9	7	6	5	5	4
2	33	17	11	8	7	6	5	4	4

Tabla 13. Perfiles del fondo del baño con respecto a la dimensión *b*

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	6	3	2	1	1	1	1	1	1
1,2	6	3	2	2	1	1	1	1	1
1,4	7	3	2	2	1	1	1	1	1
1,6	7	4	2	2	1	1	1	1	1
1,8	7	4	2	2	1	1	1	1	1
2	7	4	2	2	1	1	1	1	1

Para continuar el estudio de la optimización económica del diseño del baño, se calcularán primero los metros totales de perfiles que son necesarios para construir el baño. Estos metros se calculan multiplicando el número de perfiles necesarios por las dimensiones de los baños, teniendo en cuenta que estos metros se aumentarán un 30% debido al coste de la mano de obra y las soldaduras necesarias.

Tabla 14. Metros de perfiles necesarios (m).

Esesor a/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	555	278	185	139	111	93	79	69	62
1,2	531	265	177	133	106	88	76	66	59
1,4	506	253	169	127	101	84	72	63	56
1,6	473	237	158	118	95	79	68	59	53
1,8	444	222	148	111	89	74	63	55	49
2	416	208	139	104	83	69	59	52	46

Una vez obtenidos los metros de perfil necesarios se calcularán los precios de éstos y los precios de las chapas que van a formar parte de baño.

Tabla 15. Precios de las chapas y los perfiles (€/kg)

	Chapa de acero (€/kg)	Perfil IPN (€/kg)
316	5,52	18,21
304	4,12	15,36

Para calcular el precio de la chapa se calculará inicialmente el peso de ésta multiplicando la densidad del acero por el volumen de chapa necesaria. Este volumen

será el área del baño por el espesor correspondiente a cada caso. Este peso multiplicado por el precio unitario del acero proporcionará el precio total de la chapa.

Tabla 16. Precios de la chapa de acero en función del espesor

Espesor (mm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V=A \cdot t$ (m ³)	0,061	0,123	0,184	0,246	0,307	0,368	0,430	0,491	0,553
$P=\rho \cdot V$ (Kg)	494,884	989,768	1484,652	1979,536	2474,420	2969,304	3464,188	3959,072	4453,956
304 (€)	2038,922	4077,844	6116,766	8155,688	10194,610	12233,532	14272,455	16311,377	18350,299
316 (€)	2731,760	5463,519	8195,279	10927,039	13658,798	16390,558	19122,318	21854,077	24585,837

Ahora se calculará el precio de los perfiles necesarios para los baños en función del espesor y del peso lineal de cada uno de ellos. El peso lineal viene tabulado en las tablas del final de los anexos. Los precios de los perfiles serían los siguientes:

Tabla 17. Precio de los perfiles AISI 304 en función del espesor y del peso lineal del perfil (€)

Espesor (mm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (Kg/m)	IPN									
5,7	80	36414,100	19416,923	16204,753	-	-	-	-	-	-
8,1	100	-	25873,176	17248,784	14723,318	13205,628	-	-	-	-
11,2	120	-	-	-	17887,628	14310,102	12717,517	11633,239	13042,596	10613,639
14,4	140	-	-	-	-	-	15332,253	13141,931	11499,189	10900,728
17,9	160	-	-	-	-	-	-	-	-	12705,895
21,9	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Una vez obtenidos los precios de la chapa y del perfil, se calculará el precio del sistema completo para, de esta forma poder optimizar el diseño de los baños de proceso. Para calcular el precio total se sumará el precio del perfil con el de la chapa del espesor correspondiente.

Tabla 18. Precio total del sistema para la chapa de AISI 304(€)

Espesor (mm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (Kg/m)	IPN									
5,7	80	38453,022	23494,767	22321,519	-	-	-	-	-	-
8,1	100	-	29951,020	23365,550	22879,006	23400,238	-	-	-	-
11,2	120	-	-	-	26043,316	24504,713	24951,049	25905,693	29353,972	28963,938
14,4	140	-	-	-	-	-	27565,785	27414,385	27810,566	29251,027
17,9	160	-	-	-	-	-	-	-	-	31056,193
21,9	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Se puede observar que el menor de los precios calculados se obtiene para un sistema formado por un perfil **IPN 80** y una chapa de **3 mm** de espesor. Este sería el sistema óptimo calculado para unas dimensiones de $a = b = 412,99 \text{ mm}$ (Tablas 1 y 2). Además de optimizar económicamente el diseño de los baños de proceso, se ha asegurado que el sistema va a soportar el momento que produce la separación de los perfiles (dimensiones a y b) comparando los módulos resistentes del perfil con los módulos resistentes del sistema formado por la chapa y el perfil (Tablas 8 y 9). El sistema formado con chapa de acero inoxidable AISI 316, saldrá el mismo espesor de chapa ya que la única diferencia en el cálculo con el acero inoxidable AISI 304 es el precio de la chapa y del perfil, y éstos incrementarán todas las variables por igual.

Tabla 19. Precio perfiles AISI 316 en función del espesor y peso lineal del perfil (€)

Espesor (mm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (Kg/m)	IPN									
5,7	80	43170,622	23019,672	19211,494	-	-	-	-	-	-
8,1	100	-	30673,863	20449,242	17455,184	15655,891	-	-	-	-
11,2	120	-	-	-	21206,621	16965,297	15077,212	13791,750	15462,608	12582,967
14,4	140	-	-	-	-	-	18177,104	15580,375	13632,828	12923,325
17,9	160	-	-	-	-	-	-	-	-	15063,434
21,9	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 20. Precio total del sistema para la chapa de AISI 316(€)

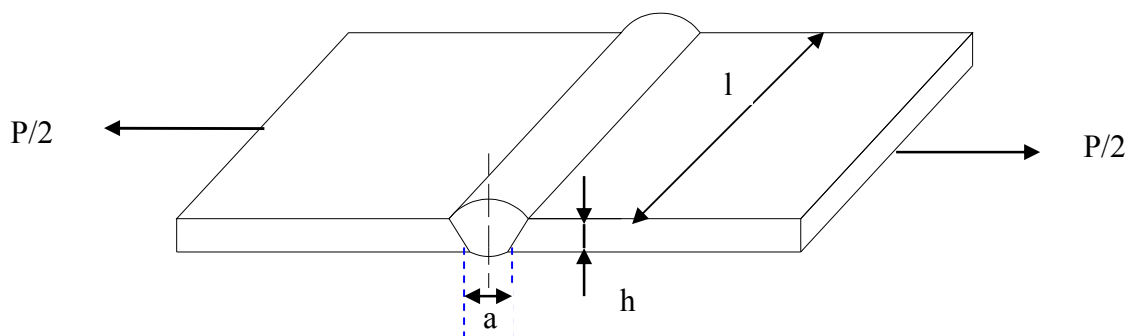
Espesor (mm)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (Kg/m)	IPN									
5,7	80	45902,382	28483,191	27406,773	-	-	-	-	-	-
8,1	100	-	36137,383	28644,521	28382,222	29314,689	-	-	-	-
11,2	120	-	-	-	32133,660	30624,096	31467,770	32914,068	37316,686	37168,804
14,4	140	-	-	-	-	-	34567,662	34702,693	35486,906	37509,162
17,9	160	-	-	-	-	-	-	-	-	24585,837
21,9	180	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.4. CÁLCULO DE LOS CORDONES DE SOLDADURAS.

La soldadura es un factor crítico en la resistencia al fallo de estructuras. Muy a menudo, el cálculo y ejecución de las soldaduras es el aspecto más crítico para conseguir una buena calidad y resistencia de la estructura.

El cálculo del espesor de los cordones de soldadura se realizará según las normas UNE 14035 y DIN 4101.

Para realizar dicho cálculo se supondrá un sistema como el siguiente:



Las expresiones que se van a utilizar para el cálculo de los cordones de soldadura serán las siguientes:

$$P = \rho \cdot V \quad \text{Ecuación 10}$$

$$\sigma = \frac{P}{l \cdot h} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\sigma_{\text{soldadura}} = \sigma_{\text{admisible}} \cdot 0,65 \quad \text{Ecuación 12}$$

Los parámetros que aparecen son P (Kg): carga que soporta la soldadura, ρ (Kg/dm^3): densidad del fluido, V (dm^3): volumen del fluido, σ (Kg/cm^2): tensión que soporta la soldadura, l (cm): longitud de la soldadura, h (cm): espesor de la chapa, $\sigma_{\text{admisible}}$ (Kg/cm^2): tensión máxima admisible del material soldado y $\sigma_{\text{soldadura}}$ (Kg/cm^2): tensión máxima de la soldadura que debe ser como mínimo un 65% de la tensión admisible del material soldado.

Se supone que la soldadura soporta todo el peso del fluido con lo cual:

$$P = 1,2 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3} \cdot 31200 \text{dm}^3 = 37440 \text{Kg}$$

$$\sigma = \frac{37440 \text{Kg}}{260 \text{cm} \cdot 0,3 \text{cm}} = 480 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

La tensión máxima de la soldadura será:

$$\sigma_{\text{soldadura}} = 1833 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,65 = 1191,45 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Dicha tensión máxima es mucho mayor que la tensión de la soldadura, siendo ésta de $300 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$.

Faltaría calcular el valor del cuello de soldadura. Según las normas citadas anteriormente, el espesor máximo del cordón de soldadura no será mayor de 0,7 veces el espesor mínimo a soldar, es decir:

$$a \leq 0,7 \cdot e_{\min}$$

Ecuación 13

De esta forma el cuello de soldadura será de **2,1 mm**.

2. CÁLCULO DE LOS AISLANTES DE LOS BAÑOS.

Algunos de los baños de proceso que se han diseñado, concretamente el baño de desengrase alcalino, el de anodizado crómico y el de sellado, requieren un calentamiento de la disolución para alcanzar la temperatura de trabajo. El calor que se suministra tiende a ser disipado por el aire que rodea al baño y por ello, si no se colocasen aislantes, existirían unas pérdidas caloríficas muy significativas. Otro motivo por el que es necesaria la colocación de los aislantes es la seguridad de los operarios. Las temperaturas de operación de estos baños pueden llegar a los 100 °C lo que supone un riesgo de quemaduras para toda persona que trabaje cerca. Se necesitará que la temperatura en las paredes exteriores del baño sea inferior a 35°C para así evitar cualquier riesgo de sufrir quemaduras.

Debido a las características de la operación a desarrollar, el aislante más adecuado para su uso en los baños es lana de roca, que gracias a su bajo coeficiente de transmisión de calor constituye una gran barrera al flujo de calor. Una característica importante que posee la lana de roca es que es químicamente inerte y no causa ni favorece la corrosión en el material de los baños. La temperatura máxima de operación de este material es de 420°C, tiene una densidad de 145 Kg/m³ y un coeficiente de transmisión de calor, $K = 0,040 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ a la mayor temperatura a la que vamos a trabajar. Al instalarse perfiles IPN de 80 mm, si se va a cubrir la lana de roca con una chapa de acero AISI 304 de 1mm, el espesor máximo de la lana de roca deberá ser de 80 mm. Se utilizará lana de roca **Rockwool** de dimensiones 1200 X 600 X 80 mm. (Ref. www.rockwool.es/graphics/RW-E-implementation/FICHAS_TECNICAS/FICHAS_INDUSTRIA/PANEL755.pdf).

Para determinar las pérdidas de calor que se originan se aplicará la ecuación básica de transmisión de calor por conducción (1) y la ecuación de transmisión de calor por convección (2):

$$(1) \quad Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 14}$$

$$(2) \quad Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 15}$$

resistencia por conducción debido al aislante (esta resistencia no aparecería si no se instalara el aislante), el tercer término es la resistencia por conducción al recubrimiento del baño y el último término corresponde con la resistencia a la convección por el aire. Se ha considerado que la pared del baño se encuentra a la misma temperatura que la disolución, con lo que no habría que considerar la transmisión de calor por convección desde la disolución a la pared del baño. Esto es lógico porque debido al tiempo que la disolución se encuentra caliente, la pared alcanza perfectamente esa temperatura. En el cálculo de U para cada una de los baños hay que tener en cuenta que los baños de desengrase alcalino y sellado están contruidos de acero inoxidable AISI 304 mientras que el baño de anodizado es de acero inoxidable AISI 316. Los recubrimientos de todos los baños son de acero inoxidable AISI 304. Esta es una consideración importante puesto que los coeficientes de transmisión de calor varían de un tipo de acero inoxidable a otro, como ya se ha indicado.

Para calcular el área de transferencia habrá de tenerse en cuenta las áreas laterales, el área del fondo del baño y el área superior del baño.

$$- A_{lateral} = 49,4m^2$$

$$- A_{fondo} = 12m^2$$

$$- A_{superior} = 12m^2$$

Las temperaturas de cada baño y del aire se expresarán en grados Kelvin, K.

- Desengrase Alcalino: $60\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 333\text{ K}$
- Anodizado Crómico: $39\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 312\text{ K}$
- Sellado: $100\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 373\text{ K}$
- Aire: $25\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 298\text{ K}$

Una vez analizados todos los parámetros necesarios para el cálculo de las pérdidas caloríficas, se procederá a calcularlas.

Tabla 21. Pérdidas de calor, Q (W), utilizando el aislante

	Desengrase Alcalino	Anodizado Crómico	Sellado
Q (W)	4396,636	1758,651	9421,363

Para ver si la utilización del aislante es eficiente se calcularán las pérdidas de calor que se producirían si no se utilizara y con ello resulta posible calcular el ahorro energético que se produce y considerar si es conveniente.

Tabla 22. Pérdidas de calor, Q (W), sin el aislante, y ahorro energético, W.

	Desengrase Alcalino	Anodizado Crómico	Sellado
Q (W)	23868,249	9545,845	51146,248
Ahorro E. (W)	19471,613	7787,194	41724,885

Se aprecia que gracias a la utilización del aislante se produce un gran ahorro energético ya que es mucho el calor el que no se pierde por aislar el baño. La eficacia que tendría el aislante se calcularía:

$$E(\%) = \frac{Q_{\text{sin-aislante}} - Q_{\text{con-aislante}}}{Q_{\text{con-aislante}}} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 17}$$

De esta forma:

Tabla 23. Eficacia del aislante (%).

	Desengrase Alcalino	Anodizado Crómico	Sellado
E(%)	81,580	81,577	81,580

Como se puede observar en los resultados, la eficacia de la instalación del aislante es alta, cuestión que optimizará en gran medida el proceso y da a entender que se va a disponer de una instalación segura y con una generación de ahorro de energía importante. Para comprobar la seguridad adquirida en la instalación se calcularán las temperaturas que se alcanzan en la pared una vez instalado el aislante de lana de roca.

Tabla 24. Temperatura de pared de los baños

	Desengrase Alcalino	Anodizado Crómico	Sellado
Temperatura de pared (°C)	26,765	25,706	28,783

Se ha comprobado a través de este cálculo que con la instalación de la lana de roca en los baños se consigue la seguridad necesaria como se dijo al principio de este apartado, que la temperatura de la pared no sea superior a 35°C.

Si se realiza un cálculo económico de la instalación, teniendo en cuenta el precio de la lana de roca y del precio del combustible, podemos estimar el ahorro energético.

Se calculará el precio de la lana de roca necesaria por baño, teniendo en cuenta un 20% adicional debido a la mano de obra:

Tabla 25. Precio de lana de roca

Precio de Lana de Roca (€/m²)	7
Lana total por baño (m²)	61,4
Precio total (€)	515,76

Ahora se calculará el ahorro energético para cada baño, teniendo en cuenta el precio del combustible (0,0795 €/MJ) y el rendimiento de la caldera (75%):

Tabla 26. Ahorro energético anual

Desengrase Alcalino		Anodizado Crómico		Sellado	
Ahorro Energía (MJ/año)	460542,587	Ahorro Energía (MJ/año)	184182,709	Ahorro Energía (MJ/año)	986876,973
Ahorro Total (€/año)	36613,136	Ahorro Total (€/año)	14642,525	Ahorro Total (€/año)	78456,719

Esta tabla muestra los ahorros energéticos que se producen en cada baño con motivo de la instalación del aislante. Si se hace un recuento total del ahorro de energía, serían *129712,38 €/año* lo que ahorraría la instalación y sería una gran optimización económica y en cuestión de seguridad en cuanto al sistema de aislamiento de los baños.

3. CÁLCULO DE LOS SERPENTINES DE LOS BAÑOS.

Como se indicó en el apartado anterior, en la instalación hay tres baños que necesitan un calentamiento de la disolución para llevar a cabo el proceso, el baño de desengrase alcalino, el baño de anodizado y el baño de sellado.

Cada uno de los baños tendrá un sistema de agitación y estará calentado por un serpentín de acero inoxidable AISI 304 por el que circulará aceite térmico. La temperatura de salida del aceite térmico (fluido calefactor) variará a través de su recorrido por el serpentín hasta llegar al baño correspondiente, por lo que sería un sistema no isotérmico, en el que la temperatura varía con el tiempo, sin embargo el flujo de aceite térmico será constante. La temperatura de la disolución que contiene el baño también variará con el tiempo hasta llegar a la temperatura de operación.

Las condiciones de operación que tiene cada baño son distintas por lo que el cálculo de los serpentines se hará de forma independiente para cada uno de ellos. El parámetro de diseño de un serpentín es su área de transmisión de calor, función de su diámetro y su longitud.

En primer lugar se planteará un balance de calor al sistema:

$$\frac{dQ}{d\theta} = M_{dis} \cdot Cp_{dis} \cdot \frac{dt}{d\theta} = \dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot (T_1 - T_2) = U \cdot A \cdot \Delta t \quad \text{Ecuación 18}$$

Analizando cada término:

$$- \frac{dQ}{d\theta} = \text{término de acumulación de calor.}$$

$$- M_{dis} \cdot Cp_{dis} \cdot \frac{dt}{d\theta} = \text{variación de la temperatura de la disolución respecto del}$$

tiempo.

- $\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot (T_1 - T_2) = \text{calor aportado por el aceite térmico a la disolución.}$
- $U \cdot A \cdot \Delta t = \text{calor transmitido a la disolución por el aceite térmico.}$

Los parámetros M_{dis} (Kg), Cp_{dis} (J/Kg·K), \dot{M}_{aceite} (Kg/s) y Cp_{aceite} (J/Kg·K) son los valores de la masa y capacidad calorífica de la disolución y caudal másico y capacidad calorífica del aceite respectivamente. El parámetro T representa la temperatura del aceite a la entrada (T_1) y a la salida (T_2) y t representa la temperatura de la disolución.

El término Δt es el incremento de temperatura media logarítmica del aceite térmico y el baño que viene definido como:

$$\Delta t = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{T_1 - t}{T_2 - t}\right)} \quad \text{Ecuación 19}$$

Teniendo en cuenta el tercer y cuarto término del balance al sistema y el valor de Δt , se llega a una expresión de T_2 :

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{\frac{U \cdot A}{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite}}}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Se define $K = e^{\frac{U \cdot A}{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite}}}$ (Ecuación 17), siendo U el coeficiente global de transmisión de calor (W/m² · K) y A el área de transferencia (m²).

Si se igualan el segundo y tercer término del balance al sistema se obtendría una expresión:

$$M_{dis} \cdot Cp_{dis} \cdot \frac{dt}{d\theta} = \dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot (T_1 - T_2) \quad \text{Ecuación 21}$$

El término $(T_1 - T_2)$ se puede sustituir teniendo en cuenta el valor obtenido anteriormente de T_2 en la ecuación 20:

$$T_1 - T_2 = T_1 - \left(t + \frac{T_1 - t}{K} \right) = T_1 - \left(\frac{(K-1) \cdot t + T_1}{K} \right) = \frac{T_1 \cdot (K-1) - t \cdot (K-1)}{K} = \frac{K-1}{K} \cdot (T_1 - t)$$

Ecuación 22

Sustituyendo en la expresión anterior:

$$M_{dis} \cdot Cp_{dis} \cdot \frac{dt}{d\theta} = \dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot \frac{K-1}{K} \cdot (T_1 - t) \quad \text{Ecuación 21.1}$$

Si se integra se obtiene una expresión que es función de la temperatura de entrada del aceite, de las temperaturas inicial y final de baño de proceso, de la masa y capacidad calorífica de la disolución y del caudal másico y la capacidad calorífica del aceite térmico:

$$\ln \left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2} \right) = \frac{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot \frac{K-1}{K} \cdot \theta}{M_{dis} \cdot Cp_{dis}} \quad \text{Ecuación 23}$$

El parámetro K está en función de U y A que vienen dados por las siguientes expresiones:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{aceite}} + \frac{\ln \left(\frac{r_{ext}}{r_{int}} \right)}{K_{tuberia}} \cdot r_{int} + \frac{r_{int}}{h \cdot r_{ext}}} \quad \text{Ecuación 24}$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r_{ext} \cdot L \quad \text{Ecuación 25}$$

Siendo los términos que forman parte de la expresión de U , la resistencia del aceite térmico a las paredes de la tubería debido a convección, la resistencia por

conducción a través de la tubería y la resistencia por convección debida a la disolución.

Teniendo estas ecuaciones se puede obtener una ecuación para obtener la longitud de la tubería:

$$L = \frac{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite}}{U \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{ext}} \cdot \ln \left[\frac{\frac{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot \theta}{M_{dis} \cdot Cp_{dis}}}{\frac{\dot{M}_{aceite} \cdot Cp_{aceite} \cdot \theta - \ln \left(\frac{T_1 - t_1}{T_1 - t_2} \right)}} \right] \quad \text{Ecuación 26}$$

Si se cuantifican las variables:

- $\dot{M}_{aceite} = Q \cdot \rho_{aceite} \rightarrow$ Caudal másico de aceite (Kg/s)
- $Q = v_{aceite} \cdot S_{serpentín} \rightarrow$ Caudal volumétrico de aceite (m^3/s)
- $S_{serpentín} = \pi \cdot r_{ext}^2 \rightarrow$ Superficie del serpentín (m^2)

Hay que definir las propiedades de los fluidos y las propiedades de la tubería que intervienen en el proceso.

\rightarrow Las propiedades del aceite térmico serían la densidad, ρ (Kg/m^3), la velocidad, v (m/s), el coeficiente de transmisión de calor por convección, h_{aceite} ($W/m^2 \cdot K$), la capacidad calorífica, Cp_{aceite} ($J/Kg \cdot K$) y la temperatura de entrada, T_1 (K).

\rightarrow Las propiedades de la disolución son el peso, M_{dis} (Kg), la capacidad calorífica, Cp_{dis} ($J/Kg \cdot K$), el coeficiente de transmisión de calor por convección, h ($W/m^2 \cdot K$) y las temperaturas inicial y final del baño, t_1 y t_2 (K).

\rightarrow Las propiedades de la tubería vienen determinadas por el coeficiente de calor por conducción, k ($W/m \cdot K$) y el diámetro exterior de la tubería, ϕ_{ext} (mm).

Para realizar los cálculos se tomarán diferentes diámetros normalizados de tubería. Con estos datos y con una velocidad fija de aceite se calculará un caudal volumétrico que multiplicado por la densidad dará el caudal másico de aceite requerido. Para este tipo de procesos la velocidad de aceite se estima en 2-4 m/s, con lo que se tomará 3 m/s como velocidad media.

La temperatura de entrada del aceite dependerá de la temperatura de la caldera y de la temperatura máxima de trabajo que soporte el aceite (aproximadamente unos 400°C), con lo que se tomará una temperatura de 250°C perfectamente alcanzable por la caldera.

Las propiedades de la disolución son muy parecidas a las del agua. El peso de la disolución, M_{dis} , la capacidad calorífica, C_p , y las temperaturas inicial y final, t_1 y t_2 dependerán del baño en concreto, pero el coeficiente de calor por convección entre la disolución y el serpentín, h , será el mismo para los tres baños, con un valor medio entre 500 y 1000 W/m²·K recomendado por la bibliografía.

Las propiedades de la tubería están fijadas en función del material del que estén fabricadas. El material utilizado será acero inoxidable AISI 304. Los diámetros y espesores están normalizados, y el coeficiente de calor por conducción, k , está dado para este material.

Se obtendrán valores de L (longitud de tubería, m) para un tiempo de calentamiento (θ) de 3 horas. Se ha fijado así de forma que si se opera en continuo, el operario o bien un sistema automático encienda el equipo tres horas antes de empezar el proceso de anodizado.

Una vez que se obtenga el parámetro L de la ecuación 23, se multiplicará por el precio del metro lineal de tubería obteniéndose el precio total (se incluirá un 30% más debido a la mano de obra y a la instalación). De esta forma lograremos realizar una optimización del sistema.

• **Desengrase Alcalino:**

Las características de este baño son:

Aceite Térmico	$\rho_{aceite} = 750 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	$v_{aceite} = 3 \text{ m}/\text{s}$
	$Cp_{aceite} = 2178,25 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$T_1 = 523 \text{ K}$
	$h_{aceite} = 1512 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
Desengrase Alcalino	$M_{dis} = 31980 \text{ Kg}$
	$Cp_{dis} = 4100 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$h_{dis} = 500 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
	$t_1 = 298 \text{ K}$
	$t_2 = 328 \text{ K}$
Tubería AISI 304	$k_{tuberia} = 15 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$
	$\phi_{ext} = 25 - 88,9 \text{ mm}$

A partir de estos valores se calculará la longitud de la tubería, L (m), y el precio de la misma.

Tabla 27. Datos de la tubería del serpentín para el baño de desengrase alcalino

$\phi_{\text{ext}} \text{ (mm)}$	Espesor (mm)	$Q_{\text{aceite}} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\dot{M}_{\text{aceite}} \text{ (kg/s)}$	$U \text{ (W/m}^2\cdot\text{K)}$	$L \text{ (m)}$	Precio €/m	Precio total (€)
25,4	1,5	0,002	1,140	396,983	94,275	6,383	782,253
28	1,5	0,002	1,385	393,464	74,749	7,146	694,406
30	2	0,002	1,590	397,026	64,449	7,789	652,604
33,4	1,5	0,003	1,971	388,033	54,683	8,186	581,909
35	1,5	0,003	2,165	386,767	50,955	8,691	575,685
38	1,5	0,003	2,552	384,700	45,360	9,466	558,182
38	2	0,003	2,552	388,062	44,967	9,754	570,210
40	2	0,004	2,827	386,427	42,032	10,187	556,644
50,8	1,5	0,006	4,560	378,752	31,593	12,393	508,984
54	2	0,007	5,153	378,573	29,389	15,218	581,408
57	2	0,008	5,741	377,420	27,676	15,416	554,648
60,3	3,6	0,009	6,426	377,696	25,926	18,487	623,083
76,1	2,9	0,014	10,234	371,097	20,387	20,951	555,282
88,9	2	0,019	13,966	370,141	17,305	24,852	559,076

La tubería económicamente más rentable es la de 50,8 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de espesor, teniendo un coste de 508,984 €. Al ir aumentando el diámetro de la tubería, la longitud de la misma disminuye con lo que se necesitarán menos metros. Esta tubería, como se indicó anteriormente, es de acero inoxidable AISI 304 cuyas características hacen que resista las temperaturas y las presiones de trabajo de la caldera. La longitud necesaria es de 31,593 m, y puesto que el tanque posee una longitud de 8 m se le darán 4 vueltas de 7,75 m para cubrir la longitud total de tubería y compensar las pérdidas de eficiencia que pudiera sufrir el sistema de calentamiento de los baños, bien por pérdidas de las propiedades del aceite térmico o bien por ensuciamiento de los serpentines. La ubicación del serpentín queda reflejada en el plano correspondiente.

La temperatura de salida del aceite, T_2 (Ecuación 20), una vez alcanzado el estado estacionario, será de:

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{\frac{U \cdot A}{\dot{M}_{\text{aceite}} \cdot C_{p_{\text{aceite}}}}}}$$

Se obtiene una temperatura de salida del aceite de 215,89 °C (488,89 K) para una temperatura del baño de 55 °C.

• **Anodizado Crómico:**

Las características de este baño son:

Aceite Térmico	$\rho_{aceite} = 750 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	$v_{aceite} = 3 \text{ m}/\text{s}$
	$Cp_{aceite} = 2178,25 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$T_1 = 523 \text{ K}$
	$h_{aceite} = 1512 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
Anodizado Crómico	$M_{dis} = 32323,2 \text{ Kg}$
	$Cp = 3640 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$h_{dis} = 500 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
	$t_1 = 298 \text{ K}$
	$t_2 = 308 \text{ K}$
Tubería AISI 304	$k_{tuberia} = 15 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$
	$\phi_{ext} = 25 - 88,9 \text{ mm}$

Como se ha realizado anteriormente, a partir de estos valores se calculará la longitud de la tubería y el precio de la misma:

Tabla 28. Datos de la tubería del serpentín para el baño de anodizado crómico

ϕ_{ext} (mm)	Espesor (mm)	Q_{aceite} (m^3/s)	\dot{M}_{aceite} (kg/s)	U ($W/m^2 \cdot K$)	L (m)	Precio €/m	Precio total (€)
25,4	1,5	0,002	1,140	396,983	17,438	6,383	144,693
28	1,5	0,002	1,385	393,464	15,631	7,146	145,206
30	2	0,002	1,590	397,026	14,283	7,789	144,629
33,4	1,5	0,003	1,971	388,033	12,925	8,186	137,538
35	1,5	0,003	2,165	386,767	12,304	8,691	139,010
38	1,5	0,003	2,552	384,700	11,295	9,466	138,996
38	2	0,003	2,552	388,062	11,197	9,754	141,991
40	2	0,004	2,827	386,427	10,633	10,187	140,812
50,8	1,5	0,006	4,560	378,752	8,405	12,393	135,410
54	2	0,007	5,153	378,573	7,887	15,218	156,028
57	2	0,008	5,741	377,420	7,477	15,416	149,849
60,3	3,6	0,009	6,426	377,696	7,047	18,487	169,374
76,1	2,9	0,014	10,234	371,097	5,645	20,951	153,761
88,9	2	0,019	13,966	370,141	4,830	24,852	156,058

En este caso, la tubería más rentable vuelve a ser la de 50,8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, lo que supone un coste de 135,410 €. La longitud necesaria son 8,405 m con lo que habrá que darle dos vueltas de tres metros aproximadamente. El serpentín se colocará según el plano correspondiente.

De la misma forma, la temperatura de salida del aceite una vez alcanzado el estado estacionario se calcula de forma análoga al caso anterior a partir de la ecuación 20:

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{\frac{U \cdot A}{\dot{M}_{\text{aceite}} \cdot C_{p_{\text{aceite}}}}}}$$

La temperatura de salida del aceite para una temperatura del baño de 35 °C es de 239,28 °C (512,28 K).

• **Sellado:**

Las características del baño de sellado son:

Aceite Térmico	$\rho_{aceite} = 750 \text{ Kg}/\text{m}^3$
	$v_{aceite} = 3 \text{ m}/\text{s}$
	$Cp_{aceite} = 2178,25 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$T_1 = 523 \text{ K}$
	$h_{aceite} = 1512 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
Sellado	$M_{dis} = 32260,8 \text{ Kg}$
	$Cp = 4210 \text{ J}/\text{Kg} \cdot \text{K}$
	$h_{dis} = 500 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$
	$t_1 = 298 \text{ K}$
	$t_2 = 371 \text{ K}$
Tubería AISI 304	$k_{tubería} = 15 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$
	$\phi_{ext} = 25 - 88,9 \text{ mm}$

Se calcularán igualmente la longitud de la tubería y el precio correspondiente:

Tabla 29. Datos de la tubería del serpentín para el baño de sellado

$\phi_{ext} \text{ (mm)}$	Esesor (mm)	$Q_{aceite} \text{ (m}^3/\text{s)}$	$\dot{M}_{aceite} \text{ (kg/s)}$	U (W/m ² ·K)	L (m)	Precio €/m	Precio total (€)
38	1,5	0,003	2,552	384,700	264,310	9,466	3252,524
38	2	0,003	2,552	388,062	262,020	9,754	3322,612
40	2	0,004	2,827	386,427	204,679	10,187	2710,628
50,8	1,5	0,006	4,560	378,752	112,778	12,393	1816,936
54	2	0,007	5,153	378,573	101,161	15,218	2001,250
57	2	0,008	5,741	377,420	92,806	15,416	1859,905
60,3	3,6	0,009	6,426	377,696	84,995	18,487	2042,706
76,1	2,9	0,014	10,234	371,097	62,837	20,951	1711,471
88,9	2	0,019	13,966	370,141	52,058	24,852	1681,875

Nuevamente la tubería a utilizar es de 50,8 mm de diámetro exterior y 1,5 mm de espesor. En este caso el precio ronda los 1800 € ya que la longitud de tubería es mayor que en los otros casos: 112,778 m. Para cubrir las pérdidas de eficacia de los serpentines se darán 14 vueltas de 7,5 metros cada una.

La temperatura de salida del aceite en este caso, una vez alcanzado el estado estacionario, para una temperatura del baño de 98 °C es de 174,52 °C (447,52 K), calculada a través de la ecuación 20:

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e \frac{U \cdot A}{\dot{M}_{aceite} \cdot C_{p_{aceite}}}}$$

Comparando los tres casos, se puede observar que cuando la temperatura a conseguir en el baño de proceso es mayor, se va a necesitar más longitud de tubería para realizar el calentamiento. Otro factor que se puede percibir es el hecho de la temperatura de salida del aceite, al necesitar el baño más temperatura, el aceite térmico saldrá con una temperatura menor porque tendrá que ceder más calor a la disolución que cuando la temperatura del baño es más baja. Esta temperatura de salida del aceite da una idea de la temperatura que debe recuperar el aceite en la caldera antes de volver a los serpentines para el proceso de calentamiento.

Para poder ver la temperatura a la que se encuentran cada una de las disoluciones se instalarán en los baños unos pirómetros indicadores digitales de temperatura. Se encuentran en el mercado unos pirómetros **Sonder** provistos de una sonda que irá introducida en la disolución. (Ref. http://sonder-regulacion.com/Castellano/folletos/Serie_ECS-AS.pdf).

4. CÁLCULO DE LA CALDERA DE CALEFACCIÓN.

Los serpentines calculados anteriormente necesitan una fuente de calefacción para calentar cada uno de los baños. El fluido calefactor utilizado es aceite térmico que recorrerá los serpentines a partir de una caldera de gas natural descrita en la memoria descriptiva.

Una caldera se caracteriza principalmente por el caudal de fluido térmico que tiene que suministrar y la capacidad calorífica capaz de suministrar. La ecuación característica para calcular el calor necesario que debe suministrar la caldera es:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad \text{Ecuación 28}$$

Los términos que componen esta ecuación son el calor necesario, $Q(W)$, el caudal másico de aceite térmico, $\dot{m} \left(\frac{Kg}{s} \right)$, la capacidad calorífica del aceite, $C_p \left(\frac{J}{Kg \cdot K} \right)$ y el incremento de temperatura entre la entrada y salida del aceite, $\Delta T(K)$.

El caudal másico de aceite térmico se calcula a partir de cada uno de los caudales que necesita cada uno de los baños.

Tabla 30. Caudales másicos (Kg/s)

Baño	$\dot{m}_{aceite} \left(\frac{Kg}{s} \right)$
Desengrase Alcalino	4,560
Anodizado Crómico	4,560
Sellado	4,560
$\dot{m}_{aceite} Total \left(\frac{Kg}{s} \right)$	13,68

El valor de la capacidad calorífica es conocido: $C_p = 2178,25 \left(\frac{J}{Kg \cdot K} \right)$

El incremento de temperatura entre la entrada y la salida del aceite va ir variando con el tiempo, por lo que se realizará el incremento una vez se haya alcanzado el estado estacionario. Se tienen tres temperaturas de salida, una por cada baño y una temperatura de entrada, T_1 , impuesta en el diseño de los serpentines. Para la temperatura de entrada se realizará una media aritmética entre las temperaturas de salida del aceite de cada uno de los baños.

Tabla 31. Incremento de temperatura (K) del aceite térmico

Baño	T_2 (K)
Desengrase Alcalino	488,89
Anodizado Crómico	512,28
Sellado	447,52
Temperatura Media T_2(K)	482,89
Temperatura T_1(K)	523,00
ΔT(K)	40,11

Una vez calculados todos los parámetros necesarios se obtiene el calor necesario que deberá suministrar la caldera a través de la ecuación 28.

$$Q = 1195KW$$

En el mercado se encuentra un proveedor de calderas de fluido térmico, **Pirobloc**, donde aparece un modelo con un potencial calorífico de 1395 KW , con un caudal de fluido térmico de hasta $58\text{ m}^3/\text{h}$ y una capacidad de 641 litros . Dicho modelo sería el GFT – 90/40, y sería el óptimo para colocarlo en nuestra instalación. (Ref. <http://www.pirobloc.com/pirobloc.asp?Accion=Web&Ver=Productos&IDM=3&IDSM=7>).

5. CÁLCULO DEL AISLANTE DE LA TUBERÍA DE CALEFACCIÓN.

Desde la caldera, el aceite térmico circula por la tubería hasta llegar a los serpentines para calentar cada uno de los baños. Esta tubería debe tener un aislamiento por dos razones fundamentales. Por una parte de seguridad, ya que el aceite discurre por la tubería a una temperatura de 250°C, de manera que existe riesgo de producir quemaduras. Por otra parte, otro efecto importante que se debe prevenir son las pérdidas de energía que sufre la tubería en contacto con el aire. Tras estudiar las diversas posibilidades comerciales, concluye que la lana de roca es el aislante para satisfacer las condiciones impuestas.

El flujo de calor a través de una tubería tomando un diferencial de radio (dr):

$$q = A \cdot k \cdot \left(-\frac{dt}{dr} \right) \quad \text{Ecuación 29}$$

Integrando la ecuación entre el centro (0) y el exterior de la tubería (1):

$$q = \frac{2\pi \cdot L \cdot k \cdot (t_1 - t_0)}{\ln\left(\frac{r_0}{r_1}\right)} \quad \text{Ecuación 30}$$

Este es el flujo de calor por conducción a través de una tubería, a partir de esta ecuación se pueden deducir las resistencias a la conducción existentes, pero también se debe tener en cuenta las resistencias debidas a convección.

$$q = \frac{\Delta T}{\left[\frac{1}{h_{aceite} \cdot 2\pi \cdot L \cdot r_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi \cdot L \cdot k_{tuberia}} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi \cdot L \cdot k_{lana}} + \frac{1}{h_{aire} \cdot 2\pi \cdot L \cdot r_3} \right]} \quad \text{Ecuación 31}$$

Los términos que constituyen esta ecuación son la resistencia a la transmisión de calor por convección del aceite a la pared de la tubería, la resistencia a la conducción de calor por el espesor de la tubería, la resistencia a la conducción debida al aislante y la resistencia a la convección desde el aislante al aire exterior. Si el aislante no se coloca, el término de esa resistencia no aparecería. Se considerará una longitud de tubería de 62 metros. El esquema del aislante colocado en la tubería podría ser el siguiente:

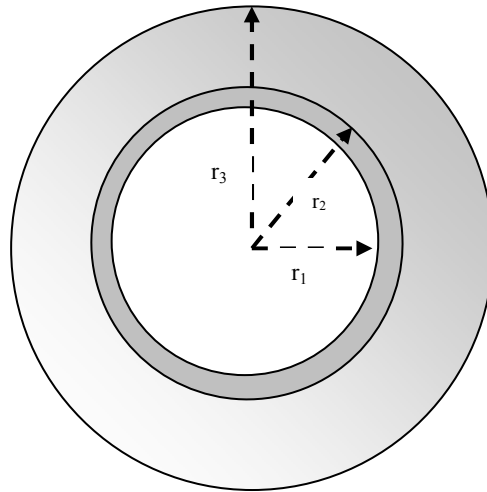


Fig. 1. Distribución de radios en la tubería con aislante.

Los valores de los parámetros y variables que aparecen en la ecuación son los siguientes:

Tabla 32. Parámetros de la ecuación 31

$h_{aceite} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	1512
$D_1(mm) / r_1(mm)$	50,8 / 25,4
espesor(mm)	1,5
$D_2(mm) / r_2(mm)$	53,8 / 26,9
$k_{tuberia} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$	15
$k_{lana} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$	0,034
$h_{aire} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$	8

Se busca optimizar este diseño, con lo que se calcularán, en función del espesor del aislante, las pérdidas de calor que se producen con el aislante y se compararán con las producidas sin la instalación del mismo. Esto nos dará un ahorro considerable de energía y por lo tanto una eficiencia del aislante calculada de la siguiente forma:

$$E(\%) = \frac{Q_{\text{sin_aislante}} - Q_{\text{con_aislante}}}{Q_{\text{sin_aislante}}} \cdot 100 \quad \text{Ecuación 32}$$

Tabla 33. Valores de eficacia del aislante (%) y ahorro energético (W)

Espesor del Aislante (mm)	Q _{con_aislante} (W)	Q _{sin_aislante} (W)	Ahorro Energético (W)	E (%)
20	4602,316	18741,926	14139,610	75,444
30	3612,800	18741,926	15129,126	80,723
40	3054,599	18741,926	15687,327	83,702
50	2692,887	18741,926	16049,039	85,632
60	2437,614	18741,926	16304,312	86,994
70	2246,721	18741,926	16495,205	88,012
80	2097,875	18741,926	16644,051	88,807
90	1978,087	18741,926	16763,839	89,446
100	1879,275	18741,926	16862,652	89,973

De los datos aportados se deduce claramente que la instalación de un aislante en la tubería reduce en gran medida las pérdidas de calor que podrían producirse en caso de que no se instalara dicho aislante. Además, es preciso estimar el espesor de aislante óptimo, recurriendo a la optimización económica del diseño. Para ello resulta preciso tener en cuenta el coste del aislante y el coste energético que se implica.

5.1. OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL AISLAMIENTO DE LAS TUBERÍAS.

Para calcular el coste de la instalación del aislante hay que tener en cuenta el coste del aislante dependiendo del espesor, el coste de la mano de obra que se supondrá un 20 % y una amortización de 5 años.

El valor de las pérdidas energéticas también se calculará en función del espesor del aislante. Se evaluará el coste de la energía que se pierde en forma de calor al instalar aislante de más o menos espesor. Estas pérdidas se calcularán teniendo en cuenta el coste del combustible, gas natural a 0,00795 €/MJ y la eficacia de la caldera (75%).

Los datos calculados son los siguientes:

Tabla 34. Evaluación económica de la colocación del aislante

Espesor (mm)	Precio lana (€/m)	Coste Instalación del Aislante (€/año)	Coste Energético (€/año)	Coste total (€/año)
20	4,9	72,912	865,389	938,301
30	6,37	94,786	679,327	774,113
40	8,15	121,272	574,367	695,639
50	10,3	153,264	506,353	659,617
60	11,77	175,138	458,353	633,490
70	14,13	210,254	422,459	632,713
80	17,34	258,019	394,471	652,490
90	21,01	312,629	371,946	684,575
100	24,76	368,429	353,366	721,795

Se han obtenido un óptimo económico de 632,713 €/año que corresponde con un espesor de aislante de 70 mm.

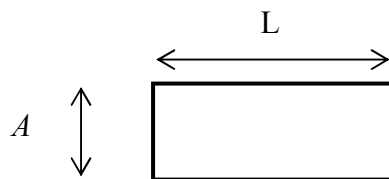
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE GASES.

En el proceso de anodizado crómico existen una serie de baños que trabajan con productos tóxicos. Estos productos dada su naturaleza pueden conllevar riesgos de intoxicación, de manera que resultará esencial la instalación de un sistema que recoja estos gases tóxicos y los impulse al exterior de la planta una vez depurados para, de esta forma, prevenir la salud de los trabajadores.

La extracción localizada de gases consta de un conducto con ranuras que se ubica en los laterales superiores del baño. Los gases son captados por ese conducto y transportados a un lavador de gases que elimina los contaminantes que contiene el aire tóxico y libera a la atmósfera el aire limpio.

Para realizar el diseño se recurrirá al método de pérdida de carga constante. De este modo, se mantendrá la pérdida de carga constante en todo el conducto reduciendo las dimensiones del conducto al alejarnos del extractor y del lavador de gases. Estos conductos serán cilíndricos debido a que en ellos la pérdida de carga será menor que en conductos rectangulares.

Las ranuras constan de un parámetro L y un parámetro A . El parámetro L se toma de partida como 250 mm , y A está determinado ya que se aconseja que $A/L = 0,2$, con lo que $A=50\text{ mm}$.



Las ranuras se instalarán a ambos lados del baño con lo que la distancia al punto más alejado de la ranura será la mitad del ancho del baño: $X=750\text{ mm}$.

Para este tipo de procesos, hay que establecer el caudal de gases que se debe extraer de cada uno de los baños. Existe un parámetro tabulado, la velocidad de captura, que indica la velocidad que debe existir a la mayor distancia de las ranuras del conducto de extracción. Esta velocidad va a depender de la toxicidad del contaminante, de la velocidad de generación y de las condiciones de dispersión del contaminante. En este caso, la velocidad de captura se estima en 0,5 m/s (escogida de la tabla 5 de los anexos), asegurándose la captación total de todos los contaminantes del proceso.

El caudal de captación por la ranura viene determinado por la expresión:

$$Q\left(\frac{m^3}{s}\right) = 2,8 \cdot v_{captación} \cdot L \cdot X \quad \text{Ecuación 33}$$

Teniendo estos datos en cuenta se obtiene un caudal de $0,263 \text{ m}^3/\text{s}$ ($946,8 \text{ m}^3/\text{h}$). Con este caudal y teniendo en cuenta que $Q = v \cdot S$ (Ecuación 34), se puede determinar la velocidad en la ranura:

$$\left. \begin{array}{l} Q = 0,263 \frac{m^3}{s} \\ A = 0,25 \cdot 0,05 = 0,0125 m^2 \end{array} \right\} \rightarrow v_{ranura} = 21 \frac{m}{s}$$

Se observa que la velocidad de captación debe ser bastante elevada para poder extraer los gases en la superficie del baño y nunca ser inferior a ese dato para asegurar la captación total de los gases. Se tomará una separación entre ranuras de 300mm, de esta forma la distancia entre ranuras no es excesiva y el caudal que se recoge por cada una no sea demasiado elevado. Teniendo en cuenta esta separación, la longitud del baño y el parámetro L de cada ranura, se obtienen un total de 14 ranuras por cada lado del baño.

Con este número de ranura, el caudal de aspiración por baño es de $26510,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Los baños que requieren una extracción localizada de gases son el desengrase alcalino, el desoxidado, el anodizado crómico y el sellado, con lo que el caudal total de aspiración es de $106041,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Se comienza el diseño de la instalación por el tramo más cercano al absorbedor de gases que será el que lleve todo el caudal de gases y por tanto el de más grande dimensiones. En este tramo la velocidad debe ser lo suficientemente elevada para que al final del conducto, en las ranuras, la velocidad no sea inferior a 21 m/s . Esta velocidad se supone en 35 m/s , que es la velocidad máxima aconsejada para este tipo de instalaciones. Con estos datos y la ecuación 34 se calcula la sección del tramo 1 – 2:

$$S_{1-2} = \frac{Q_{1-2}}{v} = \frac{106041,6 \text{ m}^3/\text{h}}{30 \text{ m/s} \cdot 3600 \text{ s/h}} = 0,982 \text{ m}^2$$

Con esta sección y mediante las tablas 6 y 7 de los anexos se determina el diámetro equivalente a esta sección rectangular. El diámetro equivalente a $0,982 \text{ m}^2$ es de 1010 mm . Con este diámetro de tubería y con el caudal, se consulta la tabla 8 de los anexos y se obtiene la pérdida de carga que es la que se mantendrá constante durante toda la conducción. La pérdida de carga unitaria obtenida es $0,9 \text{ mm}$ de columna de agua (mm.c.a.).

Conociendo la pérdida de carga y el caudal de aspiración en cada tramo, se calcula el diámetro equivalente mediante la tabla 8, con este diámetro se calculan las dimensiones rectangulares, mediante las tablas 6 y 7 de los anexos, con las que se puede calcular la sección de la conducción y con esta última la velocidad en dicho tramo.

De esta forma los resultados serían los siguientes:

Tabla 35. Velocidad de los gases en cada tramo del conducto de aspiración

<i>Tramo del conducto</i>	<i>Pérdida de carga (mm.c.a)</i>	<i>Q (m³/h)</i>	<i>φ (mm)</i>	<i>v (m/s)</i>
1-2	0,9	106041,6	1010	35
2-3	0,9	79531,2	880	34,52
3-4	0,9	53020,8	780	30,06
4-5	0,9	26510,4	610	26,22

En el conducto donde van situadas las ranuras circula un caudal de $13255,2 \text{ m}^3/\text{h}$ por cada lado del baño. Este conducto es rectangular para que vaya acorde con la geometría del baño. La velocidad de cada ranura era de 21 m/s con lo que la sección del conducto (*Ecuación 34*) es:

$$S_{\text{conducto}} = \frac{Q_{\text{conducto}}}{v_{\text{ranura}}} = \frac{13255,2 \text{ m}^3/\text{h}}{21 \text{ m/s} \cdot 3600 \text{ s/h}} = 0,175 \text{ m}^2$$

El conducto en el cual van las ranuras de absorción de gases se denomina *capota*, ésta tendrá una sección de $0,175 \text{ m}^2$. Una capota de dimensiones 375 mm (ancho) x 450 mm (alto) da una sección suficiente para mantener esa velocidad. Al final del conducto la altura del conducto disminuirá hasta 150 mm para que la absorción sea más eficaz.

Una vez que se han dimensionado todos los conductos de la instalación se determinará la pérdida de carga total, pérdida de carga que es función tanto de los accesorios como de la longitud de la tubería. La pérdida de carga total se puede expresar mediante la siguiente expresión:

$$\Delta h_{\text{total}} = \Delta h_{\text{accesorios}} + L \cdot h_{\text{unitaria}} \quad \text{Ecuación 35}$$

Siendo:

- $\Delta h_{\text{accesorios}}$ → pérdida de carga debida a los accesorios
- L → longitud de la tubería
- h_{unitaria} → pérdida de carga debida a la tubería

La pérdida de carga en la tubería se calculó anteriormente y se obtuvo $0,9 \text{ mm.c.a.}$, de esta forma, teniendo en cuenta que la longitud de la tubería son 98 metros:

$$L \cdot h_{\text{unitaria}} = 98 \cdot 0,9 = 88,2 \text{ mm.c.a.}$$

Para calcular la pérdida de carga provocada por los accesorios se utiliza la expresión:

$$\Delta h_{\text{accesorios}} = f \cdot \left(\frac{v}{4,04} \right)^2 \quad \text{Ecuación 36}$$

f = factor de fricción de cada accesorio

v = velocidad en el tramo de tubería

Las pérdidas de carga serán:

Tabla 36. Pérdidas de cargas (mm.c.a.) de los accesorios

Accesorios	Nº Unidades	Factor de Fricción	$\Delta h_{\text{accesorio}}$ (mm.c.a.)
Codos 90° (R/φ)=1	1	0,33	24,76
Codos en te	7	0,33	137,29
Cambio de sección (880 – 1050)	1	0,39	28,47
Cambio de sección (780 – 880)	1	0,06	3,32
Cambio de sección (610 – 780)	1	0,16	6,74
$\Delta h_{\text{accesorios}}$ (mm.c.a.)			200,58

La pérdida de carga total será la suma de las dos calculadas anteriormente:

$$\Delta h_{total} = 88,2 + 200,58 = 288,78 \text{ mm.c.a}$$

Por lo tanto, para realizar una correcta extracción de gases se necesita un extractor que proporcione un caudal de absorción de $106041,6 \text{ m}^3/\text{h}$ y una pérdida de carga de $288,78 \text{ mm.c.a}$.

7. CÁLCULOS DEL SISTEMA DE AGITACIÓN DE LOS BAÑOS.

Los baños que componen la cadena de anodizado crómico necesitan un sistema que le proporcione una agitación al fluido que contienen. Mediante este sistema se homogeneizarán los productos que contienen cada una de las disoluciones. La agitación se lleva a cabo mediante aire a baja presión, proporcionado por una soplante, e introducido en los baños por tuberías perforadas para repartir uniformemente las burbujas de aire en el baño, como se indicó en la memoria descriptiva.

Los baños que precisan de este sistema son el desengrase alcalino, el desoxidado, el anodizado crómico y el sellado.

Según la bibliografía “*Chemical Engineers’s Handbook*, Robert H. Perry”, el caudal de agitación para los baños de este proceso se estima en 12 m³/h en cada m² de superficie de baño para conseguir una agitación moderada. La superficie de los baños de la cadena son 12 m², con lo que el caudal de aire necesario para cada baño será de:

$$Q_{aire} = v \cdot S = 12 \frac{m^3}{h} \cdot 12 m^2 = 144 \frac{m^3}{h} \quad \text{Ecuación 37}$$

Si se tienen en cuenta las distancias hasta la soplante, la distancia que existe entre cada baño, las dimensiones de los baños y los accesorios necesarios, las pérdidas de carga van a ser muy elevadas con lo que se decide colocar una soplante para cada dos baños. Teniendo en cuenta que en la instalación, la disposición de la soplante es simétrica respecto a los dos baños, el cálculo por tanto se realizará para un baño y se multiplicará por dos para determinar la soplante necesaria. Para los otros dos baños la soplante a utilizar será la misma.

La bibliografía recomienda para este tipo de instalaciones una tubería de 1" de diámetro nominal como mínimo, la tubería por la que circula el aire en este sistema será de 1^{1/2}". Una tubería más pequeña podría sufrir obstrucciones debido a posibles

depósitos que pudieran formarse y además las pérdidas de carga serían mayores por la mayor velocidad que debería llevar el aire para tener el mismo caudal.

Para calcular la diferencia de presión se utilizará la ecuación de Bernouilli que viene dada por:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho \cdot g} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho \cdot g} \quad \text{Ecuación 38}$$

Considerando $v_1 = v_2$, en dos puntos considerados de la tubería, la expresión queda reducida a:

$$\Delta P = g \cdot \rho \cdot h \quad \text{Ecuación 39}$$

Siendo ΔP (Pa), incremento de presión, g ($9,8 \text{ m/s}^2$), la gravedad específica, ρ (Kg/m^3), la densidad del aire y h (m), la pérdida de carga.

Se utilizará el método de las cargas de velocidad para calcular la pérdida de carga del conjunto que viene dada por:

$$h = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} + \sum k \cdot \frac{v^2}{2g} = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \sum k \right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 40}$$

El término f es el factor de fricción, para una tubería de $1^{1/2}$ " el valor de f es de 0,021.

Los términos L y D son parámetros de la tubería, siendo la longitud y el diámetro respectivamente, en metros. En este diseño, la longitud de la tubería desde la soplante hasta el final del baño son 28 metros y el diámetro es de $1^{1/2}$ ", que son 0,0381 metros.

El sumatorio de k se refiere a las resistencias producidas por los accesorios, para cada baño, el conjunto estará formado por 6 codos de 90°, 1 te, una válvula de corte de flujo y una válvula antirretorno. Para cada grupo de accesorios se calculará su coeficiente de resistencia:

- 6 codos de 90° $\rightarrow k = 30 \cdot f \rightarrow k_{6_codos} = 3,78$
- 1 te $\rightarrow k = 60 \cdot f \rightarrow k = 1,26$
- 1 válvula de corte de flujo $\rightarrow k = 3 \cdot f \rightarrow k = 0,063$
- 1 válvula antirretorno $\rightarrow k = 50 \cdot f \rightarrow k = 1,05$

Por tanto, la suma de los coeficientes de resistencia de los accesorios será:

$$\sum k = 6,15$$

La velocidad del aire a través de la tubería, v (m/s), viene determinada por el caudal de aire y la sección de la tubería (Ecuación 37):

$$Q = v \cdot S \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{144 \text{ m}^3/\text{h}}{\pi \cdot \left(\frac{0,0381^2}{4} \right)} = 126306 \text{ m}^3/\text{h} = 35,08 \text{ m/s}$$

Una vez evaluados todos los términos de la ecuación se calcula la pérdida de carga a través de la tubería mediante la ecuación 40:

$$h = \left(f \cdot \frac{L}{D} + \sum k \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = 1355,12 \text{ m}$$

Obtenida la pérdida de carga se puede calcular la diferencia de presión que debe suministrar la soplante a través de la ecuación 39:

$$\Delta P = g \cdot \rho \cdot h = 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1.29 \frac{Kg}{m^3} \cdot 1355,12m = 17131,37Pa = 171,31mbar$$

Para calcular el ΔP real que debe suministrar la soplante hay que tener en cuenta que la tubería que va a impulsar el aire tiene una columna de disolución de 2,6 metros como máximo por encima de ella, con lo que habría que calcular la diferencia de presión que eso supone. Se supondrá que las disoluciones están todas formadas por agua, dato que no se aleja de la realidad porque las concentraciones son pequeñas y por tanto las densidades son relativamente parecidas al agua. Haciendo uso de nuevo de la ecuación 39:

$$\Delta P = g \cdot \rho \cdot h = 9,8 \frac{m}{s^2} \cdot 1000 \frac{Kg}{m^3} \cdot 2,6m = 25480Pa = 254,8mbar$$

La diferencia de presión total será de *426,11 mbar*, teniendo en cuenta que la soplante proporciona aire para dos baños situados de forma simétrica respecto de la soplante, ésta deberá suministrar *852,23 mbar* de presión para un caudal de *288 m³/h*. La otra soplante será de las mismas características. En el mercado encontramos una gama de soplante **Mapner** que cumplen dichas características (Ref. http://www.ambientum.com/generare.asp?ID_E=100000423).

Tablas

y

Gráficas.

Índice.

1. TABLA 1. RESUMEN DEL PROCESO.....	3
2. TABLA 3. VALORES ESPECÍFICOS TABULADOS PARA UNA PLACA RECTANGULAR SOMETIDA A UNA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA.....	4
3. TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES IPN.....	5
4. TABLA 4. COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR POR CONVECCIÓN.....	6
5. TABLA 5. VELOCIDAD DE CAPTURA.....	7
6. TABLA 6. DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR.....	8
7. TABLA 7. DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR.....	9
8. TABLA 8. RESISTENCIA POR ROZAMIENTO DEL AIRE EN LOS CONDUCTOS CIRCULARES.....	10
9. TABLA 9. DETERMINACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE CARGA EN CODOS Y ACCESORIOS.....	11
10. TABLA 10. PÉRDIDA DE CARGA DEBIDA A LAS VARIACIONES DE SECCIÓN.....	12

11. TABLA 11. COEFICIENTES DE RESISTENCIA PARA VÁLVULAS Y ACCESORIOS.....13

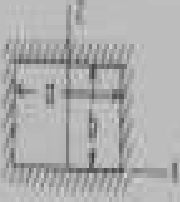

12. TABLA 12. FACTORES DE FRICCIÓN PARA TUBERÍAS DE ACERO.....14

Diseño y optimización de una línea de anodizado crómico para piezas de aluminio en la industria aeronáutica

Tabla 1. Resumen del proceso.

	Desengras e alcalino	Enjuague	Desoxidado	Enjuague	Anodizado crómico	Enjuague	Sellado	Enjuague
Composición (g/l)	Turco 4215 NCLT (40 – 60) y agua desmineralizada	Agua desmineralizada	Ácido nítrico (80 – 120), Smut-Go (30 – 45) y agua desmineralizada	Agua desmineralizada	Ácido crómico (40,5 – 100) y agua desmineralizada.	Agua desmineralizada	Dicromato sódico (47,5 – 52.5) y agua desmineralizada	Agua desmineralizada
Tiempo (min.)	10 - 15	2 – 5	1 – 10	2 – 5	35 - 39	2 – 5	20 mínimo.	2 – 5
Temperatura de operación (°C)	49 - 60	Ambiente	Ambiente.	Ambiente	33 - 37	Ambiente	97 - 100	Ambiente
Material baño	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 316	AISI 304	AISI 304	AISI 304
Calentamiento	Si	No	No	No	Si	No	Si	No
Aislante	Si	No	No	No	Si	No	Si	No
Agitación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Extracción	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Corriente eléctrica	No	No	No	No	Si	No	No	No

Tabla 2. Valores específicos tabulados para una placa rectangular sometida a una carga uniformemente repartida.

<p>Rectangular plate, all edges fixed</p> 	<p>6a. Uniform over entire plate</p>	<p>(At center of long edge) $\text{Max } u = \frac{-\beta_1 q b^4}{E^3}$</p> <p>(At center) $u = \frac{\beta_2 q b^4}{E^3}$ and $\text{max } v = \frac{\alpha q b^4}{E^3}$</p> <table border="1" data-bbox="726 705 1348 907"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>1.0</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>1.6</th> <th>1.8</th> <th>2.0</th> <th>∞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β_1</td> <td>0.3078</td> <td>0.3814</td> <td>0.4356</td> <td>0.4690</td> <td>0.4872</td> <td>0.4974</td> <td>0.5000</td> </tr> <tr> <td>β_2</td> <td>0.1286</td> <td>0.1794</td> <td>0.2084</td> <td>0.2286</td> <td>0.2400</td> <td>0.2432</td> <td>0.2500</td> </tr> <tr> <td>α</td> <td>0.0138</td> <td>0.0188</td> <td>0.0226</td> <td>0.0251</td> <td>0.0267</td> <td>0.0272</td> <td>0.0284</td> </tr> </tbody> </table>	a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞	β_1	0.3078	0.3814	0.4356	0.4690	0.4872	0.4974	0.5000	β_2	0.1286	0.1794	0.2084	0.2286	0.2400	0.2432	0.2500	α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0272	0.0284
a/b	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	∞																											
β_1	0.3078	0.3814	0.4356	0.4690	0.4872	0.4974	0.5000																											
β_2	0.1286	0.1794	0.2084	0.2286	0.2400	0.2432	0.2500																											
α	0.0138	0.0188	0.0226	0.0251	0.0267	0.0272	0.0284																											
<p>Rectangular plate, two long edges fixed, two short edges simply supported</p> 	<p>6b. Uniform over entire plate</p>	<p>(At center of long edges) $\text{Max } u = \frac{-\beta_1 q b^4}{E^3}$</p> <p>(At center) $\text{Max } v = \frac{-\alpha q b^4}{E^3}$</p> <table border="1" data-bbox="726 1220 1348 1400"> <thead> <tr> <th>a/b</th> <th>1</th> <th>1.2</th> <th>1.4</th> <th>1.6</th> <th>1.8</th> <th>2</th> <th>∞</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>β_1</td> <td>0.4192</td> <td>0.4026</td> <td>0.3860</td> <td>0.3694</td> <td>0.3527</td> <td>0.3371</td> <td>0.3300</td> </tr> <tr> <td>α</td> <td>0.0210</td> <td>0.0243</td> <td>0.0262</td> <td>0.0277</td> <td>0.0286</td> <td>0.0291</td> <td>0.0295</td> </tr> </tbody> </table>	a/b	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	∞	β_1	0.4192	0.4026	0.3860	0.3694	0.3527	0.3371	0.3300	α	0.0210	0.0243	0.0262	0.0277	0.0286	0.0291	0.0295								
a/b	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	∞																											
β_1	0.4192	0.4026	0.3860	0.3694	0.3527	0.3371	0.3300																											
α	0.0210	0.0243	0.0262	0.0277	0.0286	0.0291	0.0295																											

Raymon Jefferson, Ed. McGraw Hill, London, 1975.

Tabla 3. Características de los perfiles IPN.

Perfiles IPN.

IPN	Dimensiones (mm)						Sec. A cm ²	Peso μ kg/m	Referido al eje x-x			Referido al eje y-y		
	h	b	arr	ϕ_i	r_i	h_v			I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm
80	80	42	3,0	5,9	2,3	59	7,58	3,98	77,8	19,5	3,3	6,20	3	0,91
100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	10,6	8,32	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07
120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	14,2	11,2	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23
140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	18,3	14,4	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,4
160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	22,8	17,9	935	117	6,4	54,7	14,8	1,55
180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	27,9	21,9	1450	161	7,2	81,3	19,8	1,71
200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	33,5	26,3	2140	214	8	117	26	1,87
220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	39,6	31,1	3000	276	8,8	162	33,1	2,03
240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	46,1	36,2	4250	354	9,50	221	41,7	2,2
260	260	115	9,4	14,1	5,6	208	53,4	41,9	5740	442	10,4	288	51	2,32
280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	61,1	48	7590	542	11,1	364	61,2	2,45
300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	69,1	54,3	9800	653	11,9	451	72,2	2,56
320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	77,8	61,1	12510	782	12,7	555	84,7	2,67
340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	86,8	68,1	15700	923	13,5	674	98,4	2,8
360	360	143	13	19,5	7,8	290	97,1	76,2	19610	1090	14,2	818	114	2,9
380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	107	84	24010	1260	15	975	131	3,02

A = Area de la sección
 I = Momento de inercia
 W = Modulo resistente
 i = Radio de giro

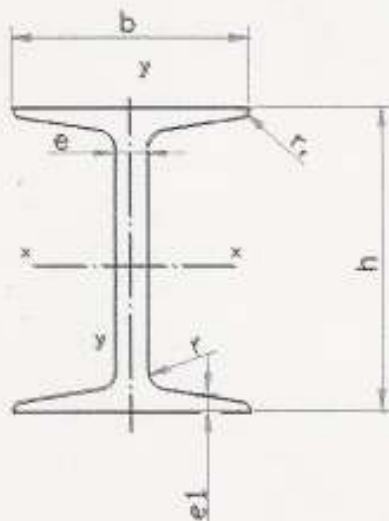


Tabla 4. Coeficiente de transmisión de calor por convección.

Situación	h (W/m ² ·°C)
Convección libre en el aire	5-25
Convección libre en el agua	500-1000
Convección forzada en el aire	10-500
Convección forzada en el agua	100-15000
Agua hirviente	2500-25000

Transmisión de Calor, Alan J. Chapman, Ed. Bellisco.

Tabla 5. Valores recomendados para la velocidad de captura.

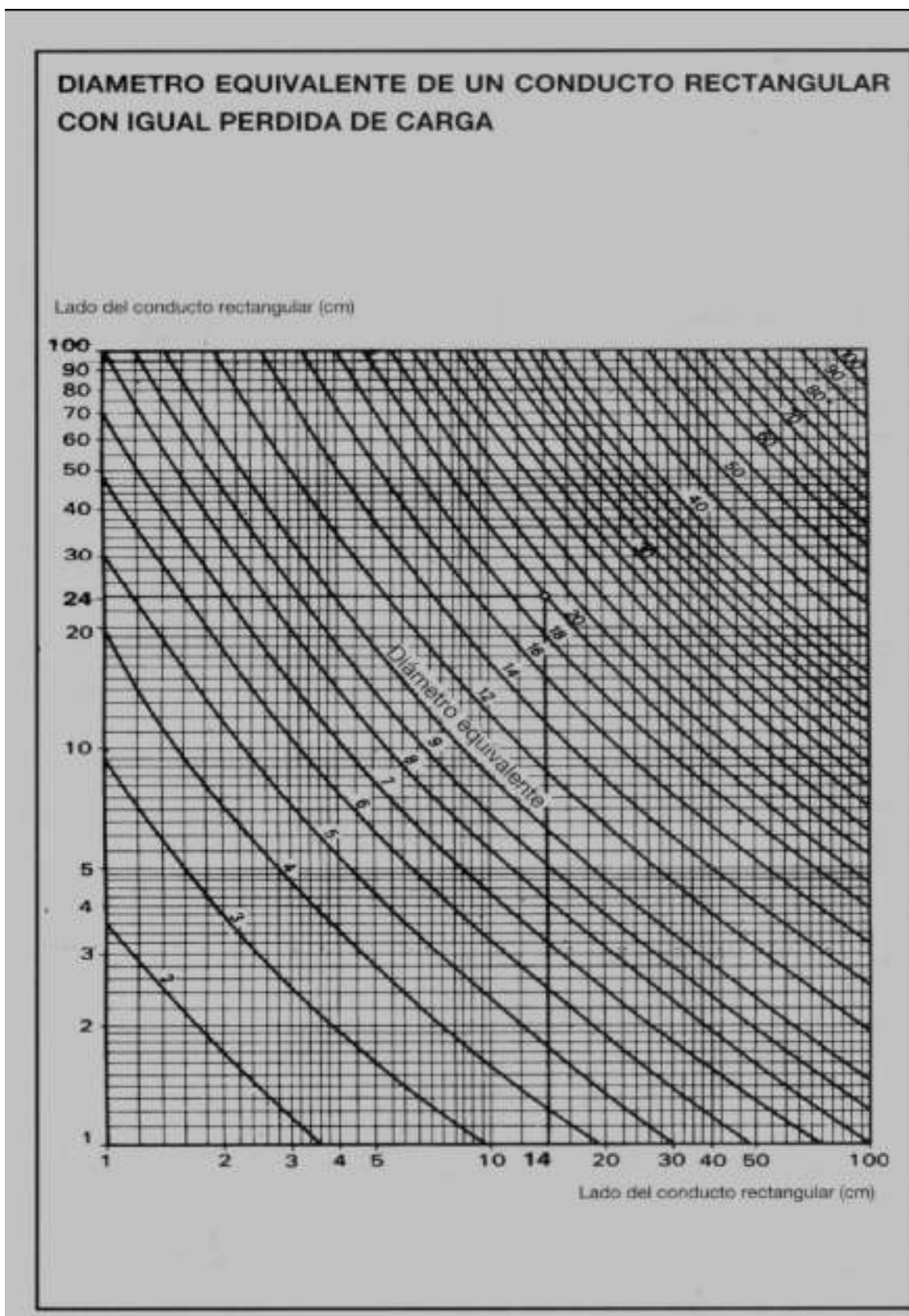
Ranuras y campanas		
Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplos	Velocidad de captura* (m/s)
Liberación con velocidad prácticamente nula en aire quieto	Evaporación, desengrase	0.25-0.50
Liberación a baja velocidad en aire en movimiento moderado	Soldadura, baños electrolíticos, decapado	0.50-1.00
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire	Aplicación aerográfica de pinturas.	1.00-2.50
Liberación con alta velocidad inicial en una zona de movimiento de aire muy rápido	Pulido y operaciones de abrasión en general	2.50-10.0

*Se adoptan valores en la zona inferior o superior de cada intervalo, según los siguientes criterios:

Inferior	Superior
1. Pocas corrientes de aire en el local.	1. Corrientes turbulentas en el local.
2. Contaminantes de baja toxicidad.	2. Contaminantes de alta toxicidad.
3. Intermitencia de las operaciones.	3. Operaciones continuas.
4. Campanas grandes y caudales elevados.	4. Campanas de pequeño tamaño.

Manual de Higiene Industrial, Ed. Fundación MAPFRE, Madrid, 1991.

Tabla 6. Diámetro equivalente de un conducto rectangular.



Catalogo General, Soler and Pau, Año 2001.

Tabla 7. Diámetro equivalente de un conducto rectangular.

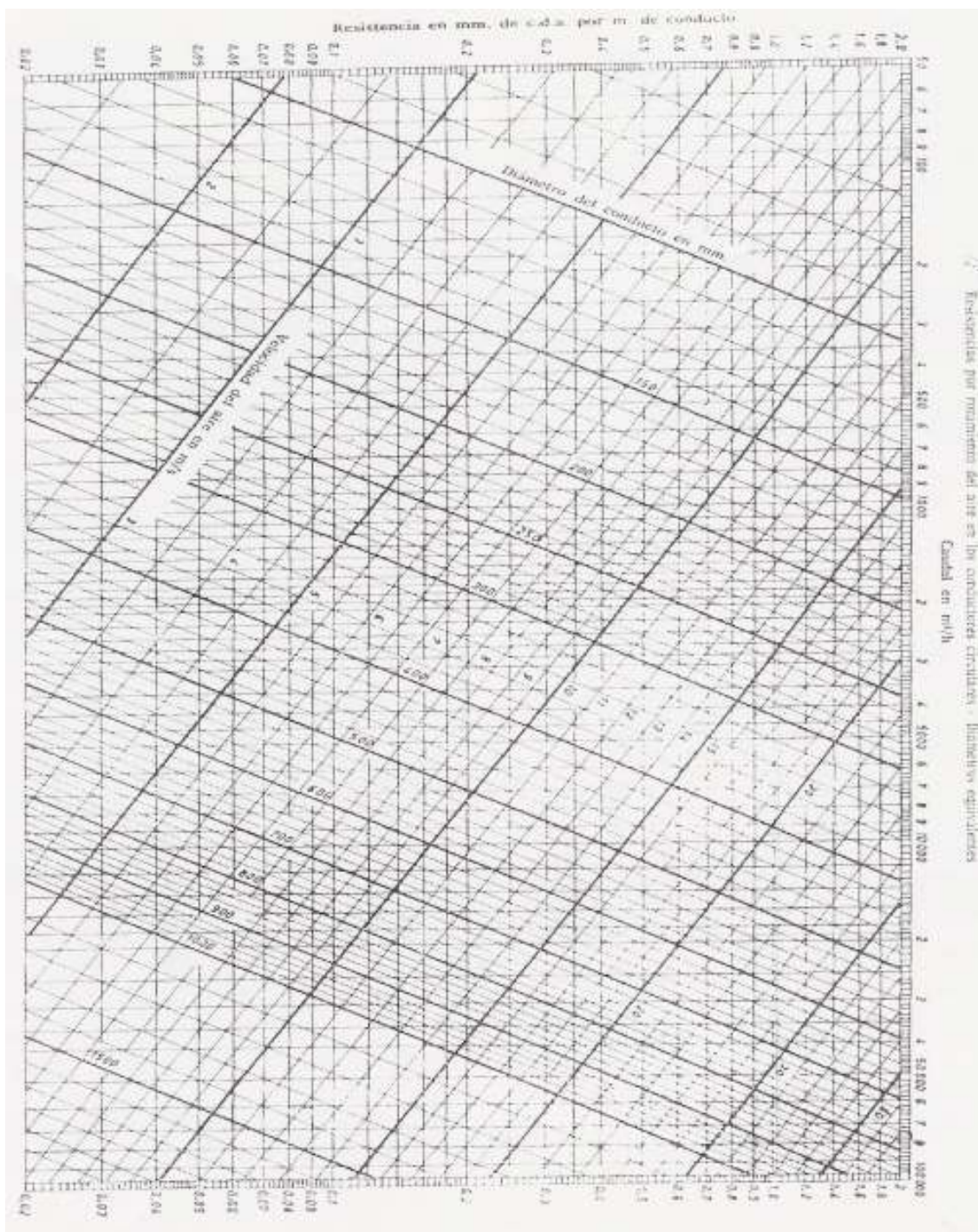
Tabla 17.2 Diámetros equivalentes ϕ^1 de los conductos rectangulares para idénticas pérdidas por rozamiento e igualdad de caudales de aire

Longitud lado a, mm.	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Longitud lado b, mm.	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm	ϕ mm
250	210	244	273						
300	228	266	299	328					
350	245	286	322	354	362				
400	260	304	343	371	408	437			
450	274	321	363	399	433	463	491		
500	287	337	381	426	455	488	518	546	
550	299	351	397	439	476	511	543	573	601
600	310	365	413	457	496	533	566	598	628
650	321	378	428	474	513	553	588	622	650
700	331	390	443	490	533	573	610	644	688
750	340	402	456	505	550	591	630	666	700
800	350	413	469	520	566	610	649	688	721
850	359	424	482	534	582	626	667	706	743
900	367	434	494	548	583	643	685	725	763
950	375	444	505	560	611	658	702	744	783
1000	383	454	517	573	625	674	719	761	802
1050	391	463	527	586	639	689	735	778	820
1100	398	472	538	597	652	703	755	795	838
1150	406	481	548	609	665	717	765	811	855
1200	413	490	558	620	677	730	780	827	871
1250		498	568	631	689	743	794	842	887
1300		506	577	641	701	756	808	857	904
1350		514	586	652	712	769	822	872	919
1400		521	595	662	724	781	835	880	934
1450		531	604	672	734	793	848	900	955
1500		536	612	681	745	804	860	913	963
1550		543	620	690	755	816	872	926	979
1600		550	628	700	766	827	884	940	991
1700			644	717	785	848	908	964	1020
1800			659	734	804	869	936	988	1040
1900			674	751	822	889	949	1010	1070
2000			688	767	837	908	973	1030	1090
2100				782	857	927	993	1050	1110
2200				797	873	945	1010	1070	1130
2300				812	890	962	1030	1090	1160
2400				826	905	979	1050	1110	1180

¹ Resulta: $\phi = 1,3 \frac{(ab)^{0,625}}{(a+b)^{0,250}}$



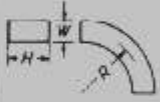




Acondicionamiento del Aire y Refrigeración, Carlo Pizzetti, Ed. Bellisco, Madrid 1991.

Tabla 8. Resistencia por rozamiento del aire en los conductos circulares.



Pérdidas por rozamiento del aire en los conductos circulares (Marelli).

Tabla 9. Determinación de las pérdidas de carga en codos y accesorios.

Tipo	Figura	Características	Pérdidas de carga			
			C	L/D	L/W	
Curva de n°		Rectangular o circular; con o sin aleta	Nº/90 x pérdida en una curva de 90º			
Curva de 90º sección circular		Codo	1,30	65		
		$R/D = 0,5$	0,90			
		0,75	0,45	23		
		1,0	0,33	17		
		1,5	0,24	12		
		2,0	0,19	10		
Curva de 90º sección rectangular		H/W R/W				
		0,25	Codo	1,25		25
			0,5	1,25		25
			0,75	0,60		12
		0,5	1,0	0,37		7
			1,5	0,19		4
			Codo	1,47		49
		1,0	0,5	1,10		40
			0,75	0,50		16
			1,0	0,28		9
		1,5	1,5	0,13		4
			Codo	1,50		75
			0,5	1,00		50
		4,0	0,75	0,41		21
			1,0	0,22		11
1,5	0,09			4,5		
	Codo	1,38		110		
	0,5	0,96		66		
	0,75	0,37		43		
	1,0	0,19		17		
	1,5	0,07		6		
Curva de 90º sección rectangular con deflectores		R/W R_1/W R_2/W				
		Codo 0,5	0,5	0,4	0,70	26
			0,7	0,6		19
			1,0	1,0	0,13	12
		Codo 1,5	1,5		0,12	2,2
			Codo 0,3	0,5		2,2
			0,5	0,4	0,45	16
			0,75	0,4	0,12	
			1,0	0,7	0,10	
			1,5	1,3	0,15	
Codo con aletas		De láminas aerodinámicas	C = 0,10 a 0,35 según la construcción			
Codo en T con aletas			Considerarlo igual a una curva análoga.			
T curvilínea			Pérdidas basadas en la velocidad del aire a la entrada			

Acondicionamiento del aire y refrigeración, Carlo Pizzetti, Ed. Bellisco, Madrid, 1991.

Tabla 10. Pérdida de carga debida a las variaciones de sección.

Tipo	Figura	Características	Coeficiente		Tipo	Figura	Características	Coeficiente					
			A_1/A_2	C_1					C_2	A_2/A_1	C_2		
Expansión brusca			0.1	0.09	0.1		A_2/A_1	0.0	0.34				
			0.2	0.06	15			0.2	0.32				
			0.3	0.49	5			0.4	0.25				
			0.4	0.36	2.25			0.5	0.15				
			0.5	0.25	1.00			0.6	0.06				
			0.6	0.16	0.45								
			0.7	0.09	0.18								
			0.8	0.04	0.06								
			0.9	0.01	0.01								
Expansión gradual		ϕ	C_1	C_2	Contracción gradual		ϕ	C_2					
									5°	0.17		30°	0.02
									7°	0.22		45°	0.04
									10°	0.28		60°	0.07
									20°	0.45			
									40°	0.72			
Salida brusca		$A_1/A_2=0.0$	1.00	C_0	Entrada con brida		$A_1=A_2$	C_0					
									$(A_2=\infty)$	0.34			
Orificio de salida con ángulos vivos		A_0/A_1	C_0	Entrada con conducto		$A_1=A_2$	C_0						
								0.0	2.50				
								0.2	2.44				
								0.4	2.26				
								0.6	1.96				
0.8	1.54												
1.0	1.00												
Barra atravesando el conducto		E/D	C	Orificio de entrada con ángulos vivos		A_0/A_2	C_0						
								0.10	0.7	0.0	2.50		
								0.25	1.4	0.2	1.90		
								0.50	4.0	0.4	1.39		
Tubo atravesando el conducto		E/D	C	Orificio con ángulos vivos en el conducto		A_0/A	C_0						
								0.10	0.20	0.0	2.50		
								0.25	0.55	0.2	1.80		
Barra con perfil aerodinámico atravesando el conducto		E/D	C										
								0.10	0.67	0.4	1.21		
								0.25	0.23	0.5	0.64		
								0.50	0.90	0.8	0.20		
				1.0	0.0								

Tabla 17.5. Pérdida de carga debida a las variaciones de sección.

Acondicionamiento del aire y refrigeración, Carlo Pizzetti, Ed. Bellisco, Madrid, 1991.

Tabla 11. Coeficientes de resistencia para válvulas y accesorios.

TABLA 6.4. Pérdidas adicionales por fricción para flujo turbulento a través de irregularidades y válvulas

Tipo de accesorio o válvula	Pérdida por fricción adicional, número equivalente de alturas cinéticas, K	Tipo de accesorio o válvula	Pérdida por fricción adicional, número equivalente de alturas cinéticas, K
Codo 45°, normal ^{b,c,d,e,f}	0,35	Apoyada en disco, abierta	9,0
Codo 45°, radio grande ^c	0,2	3/4 abierta ^g	13,0
Codo 90°, normal ^{b,c,d,e,h}	0,75	1/2 abierta ^g	36,0
Radio grande ^h	0,45	1/4 abierta ^g	112,0
Rectangular ^h	1,3	Válvula angular ^{b,c} , abierta	2,0
Codo de 180° ^{b,c,i,j}	1,5	Válvula de Y o de seguridad ^{k,m} , abierta	3,0
Te, normal ^l	0,4	Macho de toma ^l	
Utilizada como un codo, entrada común ^{n,j}	1,0	$\theta = 5^\circ$	0,05
Utilizada como codo, entrada por una rama ^{o,p}	1,0	$\theta = 10^\circ$	0,29
Separando el flujo ^{i,j,k}	1,0	$\theta = 20^\circ$	1,56
Acoplamiento ^{q,r}	0,04	$\theta = 40^\circ$	17,3
Unión ^r	0,04	$\theta = 60^\circ$	206,0
Válvula de entrada ^{b,c,m} , abierta	0,17	Válvula de mariposa ^l	
3/4 abierta ⁿ	0,9	$\theta = 5^\circ$	0,24
1/2 abierta ⁿ	4,5	$\theta = 10^\circ$	0,52
1/4 abierta ⁿ	24,0	$\theta = 20^\circ$	1,54
Válvula de diafragma ^o , abierta	2,3	$\theta = 40^\circ$	10,8
3/4 abierta ^o	2,6	$\theta = 60^\circ$	118,0
1/2 abierta ^o	4,3	Válvula de chequeo ^{k,m} , giratoria	
1/4 abierta ^o	21,0	De disco	2,0 ^o
Válvula de globo ^{c,m}		De bola	10,0 ^o
Asiento biselado, abierta	6,0	Válvula de pie ^o	70,0 ^o
1/2 abierta ⁿ	9,5	Medidor de flujo ^o , de disco	15,0
Asiento compuesto, abierta	6,0	De pistón	7,0 ^o
1/2 abierta ⁿ	8,5	Rotativo (disco en forma de estrella)	15,0 ^o
		Rueda de turbina	10,0 ^o
			6,0 ^o

Chemical Engineer's Handbook, Perry & Chilton, Ed. McGraw Hill.

Tabla 12. Factores de fricción para tuberías de acero.

Diámetro	mm	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	pulgada	1/2	3/4	1	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	2	2 ^{1/2}	3	4
ft		0,027	0,025	0,023	0,022	0,021	0,019	0,018	0,018	0,017

Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. Reza García, Clemente. Ed. McGraw Hill. 1989.

Fichas
de
seguridad.

Índice.

- 1. FICHA DE SEGURIDAD DEL METILETILCETONA.**
- 2. FICHA DE SEGURIDAD DEL TURCO 4215 NCLT.**
- 3. FICHA DE SEGURIDAD DEL ÁCIDO NÍTRICO.**
- 4. FICHA DE SEGURIDAD DEL SMUT-GO 4.**
- 5. FICHA DE SEGURIDAD DEL ÁCIDO CRÓMICO.**
- 6. FICHA DE SEGURIDAD DEL DICROMATO SÓDICO.**
- 7. FICHA DE SEGURIDAD DE LA LANA DE ROCA.**

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA EMPRESA

Fórmula Química:

CH₃-CO-C₂H₅

Otros Nombres:

M.E.K., 2- butanona, etilmetilcetona.

Números de Registro:

N° CAS : 78-93-3

N° CE : 201-159-0

N° Orden: 606-002-00-3

Código:

60103 METIL ETIL CETONA

Suministrador:

BRENNTAG QUIMICA, S.A.
P.I.LA ISLA-TORRE HERBEROS, 10
DOS HERMANAS
SEVILLA
Tlfno.Contacto:(95) 491 94 00

Características:

Es el homólogo inmediato superior de la acetona. Es un líquido incoloro, estable y parcialmente miscible en agua.

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Composición:

Metil etil cetona.

ESPECIFICACIONES: (REV.07 | 24/07/2000)

Riqueza	% min	99,5
Densidad a 20°C	g/cc	0,8035 - 0,808
Intervalo de destilación	°C	78,5 - 81,0
Acidez (ácido acético)	% max	0,003
Materia no volátil	g/100ml mx	0,005
Contenido en agua	% max	0,1

Estas informaciones corresponden al estado actual de nuestros conocimientos y se suministra de buena fe. Sin embargo, corresponde al usuario la responsabilidad de cerciorarse que el producto es apropiado para el uso particular al que se le destina y se manipula de acuerdo la legislación aplicable, tanto local como nacional.



TURCO ESPAÑOLA, S.A.

FABRICA Y OFICINAS: Feixa Llarga, 19 (Zona Franca-Sector F)
Tel: 933 350 358-60-62 Fax: 933 357 719 08040 BARCELONA
e-mail: info@turco-spain.com www.turco-spain.com

T-4215 NC LT

DESENGRASANTE ALCALINO SUAVE A TEMPERATURA MEDIA

DESCRIPCIÓN.-

T-4215 NC LT es un producto en polvo, granular, desarrollado como desengrasante de superficies metálicas. Posee unas extraordinarias propiedades de aclarado con agua, derivadas de la total ausencia en el producto de silicatos y una composición alcalina de extrema suavidad. Se aconseja su utilización sobre componentes hidráulicos de fuel y aceites, y en limpiezas críticas de la industria aeroespacial. **T-4215 NC-LT** puede ser utilizado por inmersión o aspersion. Se recomiendan agitaciones por aire, mecánicas o por ultrasonidos en las aplicaciones por inmersión.

Otra gran ventaja del producto es su posibilidad de acción a temperaturas medias entre 45° y 55° C, con el consiguiente ahorro de energía, al evitarse el transporte energético a altas temperaturas. Adicionalmente otra ventaja se deriva de la total ausencia de cromatos que asegura una fácil eliminación de las soluciones sin deterioro ecológico ni dificultades de vertido.

PROPIEDADES.-

Aspecto:	Producto en polvo de aspecto granular.
Solubilidad:	Fácilmente soluble en agua en su totalidad.
Corrosión:	No corrosivo sobre aluminio, acero, aleaciones de cobre, metales electrodepositados, etc. No apto sobre magnesio.
No espumante:	A concentraciones y a temperaturas recomendadas el producto no originará espuma, tanto en sistema de aspersion como de inmersión con agitación.
Acondicionador de agua:	Posee unas elevadas propiedades secuestrantes de la dureza del agua, proporcionando una óptima acción en condiciones incluso extremas.
Equipo:	Los elementos de construcción de cubas y equipo de calefacción pueden estar construidos en acero ordinario.

APLICACIÓN.-

En procesos por aspersion incorporar de 0,75 a 1,5% de **T-4215 NC LT** por litro de solución. Aplicado por inmersión, deberán utilizarse concentraciones de 4,5%-6%. Se aconseja incorporar lentamente el producto sobre agua fría o templada bajo continua agitación, hasta disolución completa. La temperatura de trabajo en ambas formas de

aplicación deberá ser mantenida entre 45° y 55° C.

En aplicaciones de desengrase por ultrasonidos, utilizar las concentraciones indicadas para procesos de aspersión, es decir de 0,4 a 1,5%, y a 45° y 50° C.

Completando el ciclo de desengrase, las piezas deberán ser aclaradas con abundante agua, mantenida limpia por rebosadero.

Establecer controles periódicos de las soluciones, manteniendo la concentración adecuada, por las adiciones periódicas que se deduzcan.

NOTA: A fin de obtener el máximo rendimiento de las soluciones y sobre todo, en casos extremos de eliminación de contaminaciones fuertes, tintas de impresión y pastas de pulimento, se recomienda la adición periódica de **T-4215 NC LT Additive** al baño de **T-4215 NC LT** en proporciones variables entre 0,06 y 0,3%.

TOXICIDAD Y PRECAUCIONES.-

T-4215 NC-LT es un producto ligeramente alcalino, no obstante se recomienda evitar el contacto con los ojos, piel y ropas, utilizando adecuado material de protección personal.

INSTITUTO NACIONAL DE TOXICOLOGÍA.-

T-4215 NC LT esta registrado en el Instituto Nacional de Toxicología con el N1SIT.C 1609/01.

10/01

NOTA.-

La información y recomendaciones concernientes al producto, están basadas en nuestros análisis y experiencia directa. Sin embargo, y considerando que las condiciones finales de uso están fuera de nuestro control, todas las recomendaciones son hechas sin garantía, expresa o implícita. Es obligación del fabricante y vendedor reemplazar aquel producto que se demuestre defectuoso. No nos responsabilizamos por ninguna pérdida, accidente o daño, directo o consecuente del uso de este producto.

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA EMPRESA

Fórmula Química:

HNO₃

Otros Nombres:

Acido de grabadores, ácido azóico, ácido septiónico.

Suministrador:

BRENNTAG QUIMICA, S.A.

P.I.LA ISLA-TORRE HERBEROS, 10

DOS HERMANAS

SEVILLA

Tlfno.Contacto:(95) 491 94 00

Características:

Líquido amarillento muy agresivo. El color amarillo se debe al desprendimiento del dióxido de nitrógeno al exponerlo a la luz. Inflama las sustancias orgánicas debido a su gran poder oxidante. Ataca a casi todos los metales.

APLICACIONES.- Regulador de pH, desincrustante, decapante, uso en industria química general.

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Acido nítrico 60%, N° CAS: 7697-37-2, N° CE: 231-714-2

ESPECIFICACIONES:

Riqueza.....	% min	59
Densidad a 20°C.....	g/cc min	1,3614
Acido nitroso.....	ppm max	10
Hierro.....	ppm max	20

Estas informaciones corresponden al estado actual de nuestros conocimientos y se suministra de buena fe. Sin embargo, corresponde al usuario la responsabilidad de cerciorarse que el producto es apropiado para el uso particular al que se le destina y se manipula de acuerdo la legislación aplicable, tanto local como nacional.



TURCO MATERIAL SAFETY
DATA SHEET

FECHA 2-6-2005
SEGÚN 91/151/CEE

SMUT GO 4

SECCIÓN 1 IDENTIFICACIÓN SUSTANCIA Y FABRICANTE

NOMBRE DEL FABRICANTE: TURCO ESPAÑOLA
 DIRECCIÓN: FEIXA LLARGA 19 BARCELONA
 TELÉFONO DE EMERGENCIA: 933350358 FAX 34933357719
 TELÉFONO DE INFORMACIÓN: 933350358
 UTILIZACIÓN PREVISTA: DESOXIDANTE DE ALUMINIO Y ALEACIONES

SECCIÓN 2 INFORMACIÓN DE COMPOSICIÓN

NOMBRE (CAS)	TLV	%
BICROMATO SÓDICO (7789-12-0)	0,05MG/M3	>50
R8 R34 42/43 45 46 48/23 21 25 26 50/53 R60 R61 S53 S45 S60 S61		
FLUOSILICATO SODICO (16893-85-9)		>20
R23/24/25 S2 S26 S45		

DE FRASE R R8 R34 R42/43 R46 R45 R 50/53 R24/25 R26
R60 R61



SECCIÓN 3 INFORMACIÓN DE PELIGRO

EFFECTOS POR SOBREEXPOSICIÓN: OJOS:

El contacto del producto o llovizna del mismo con los ojos puede causar severa irritación, conjuntivitis, quemadura química.

PIEL:

El contacto con la piel puede causar severa irritación y posible quemadura química. El contacto con la piel puede causar úlceras. Los cromatos son sensibilizadores de la piel y pueden ser absorbidos a través de la misma.

INHALACIÓN:

La inhalación del producto o llovizna de la solución puede causar úlceras o perforación del tabique nasal e irritación y lesiones del sistema respiratorio. La sobreexposición a los compuestos de cromo hexavalente pueden ser causa de riesgo de cáncer de pulmón.

INGESTIÓN:

Puede causar severa irritación y lesiones de laringe, esófago y membranas gástricas. Puede ser mortal si se traga. Los efectos tóxicos pueden no aparecer inmediatamente

CONDICIONES MEDICAS QUE PUEDEN SER AGRAVADAS POR SOBREEXPOSICIÓN:

Los cromatos son un veneno sistémico que afecta al hígado, riñones y al tracto gastrointestinal. La repetida sobreexposición puede agravar cualquier disfunción preexistente de estos sistemas. Los fluoruros son venenos celulares. Cualquier tejido en contacto con ellos puede conducir a un severo ataque corrosivo y posible necrosis.

INDICACIONES DE PELIGRO: R8 R34 R42/43 R46 R45 R 50/53 R24/25 R26 R60 R61

SECCIÓN 4 INFORMACIÓN DE PRIMEROS AUXILIOS

PRIMEROS AUXILIOS: OJOS:

Lavar con agua abundante durante al menos 5 minutos. Seguir con lavado con solución salina durante 30-60 min. Mantener los párpados abiertos para asegurar el contacto con todas las superficies. Obtener atención médica.

PIEL:

La rapidez es esencial. Lavar la zona afectada con agua abundante. Continuar con agua y jabón. Aclarar con agua cuidadosamente. Si existiera irritación o ulceraciones obtener asistencia médica.

INHALACIÓN:

Trasladar al afectado al aire libre. Si existiera dificultad respiratoria, administrar oxígeno. Obtener asistencia médica si persistiera la irritación.

INGESTIÓN:

Si el afectado está consciente diluir bebiendo abundantes volúmenes de agua, leche o cualquier forma de calcio soluble. Obtener asistencia médica. No inducir al vómito o a beber a personas que no estén conscientes.

LAS RUTAS PRINCIPALES DE ENTRADA EN EL ORGANISMO SON LA INHALACIÓN Y EL CONTACTO CON LA PIEL.

PRECAUCIONES: S2 S26 S45 S53 S60 S61



SECCIÓN 5	PELIGROS DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN
-----------	----------------------------------

PUNTO DE INFLAMACIÓN Y MÉTODO:

No inflamable No aplicable

MEDIOS DE EXTINCIÓN:

No aplicable

PROCEDIMIENTOS ESPECIALES DE LUCHA CONTRA INCENDIOS:

Utilizar mascara de protección respiratoria.

Puede incrementar la intensidad del fuego cuando entra en contacto con material combustible.

SECCIÓN 6	MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL
-----------	---------------------------------------

PROTECCIÓN PARA LAS PERSONAS:

Utilizar el equipo descrito en la sección 8

VERTIDO O PERDIDA:

Absorber sobre un soporte inerte. Recoger en los embalajes de origen. Confiar la destrucción del producto a un centro homologado.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN PARA EL MEDIO AMBIENTE:

El producto no debe verterse sin un tratamiento previo. Neutralización, eliminación de metales por precipitación, clarificación y separación de suciedades y aceites de aporte.

SECCIÓN 7	MANIPULACIÓN Y EMBALAJE
-----------	-------------------------

PRECAUCIONES ESPECIALES DE ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN:

Almacenar en áreas secas y protegidas. No almacenar en la proximidad de reductores potentes ni ácidos fuertes. Utilizar guantes antiácidos y gafas de protección. Trabajar en locales convenientemente ventilados.

No almacenar a temperaturas superiores a 40EC.

MATERIAL DE EMBALAJE RECOMENDADO:

Acero



SECCIÓN 8	LIMITES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN
-----------	------------------------------------

PROTECCIÓN RESPIRATORIA:

En condiciones de llovizna o aspersión, utilizar máscara antipolvo y llovizna. Si se usan respiradores, el personal deberá estar convenientemente entrenado.

VENTILACIÓN:

Mantener ventilación suficiente de extracción mecánica para mantener los vapores por debajo de los límites TLV

EQUIPOS DE PROTECCIÓN:

Gafas, guantes, botas y delantales de neopreno.

MEDIDAS DE HIGIENE PERSONAL:

Lavarse las manos y la cara con agua y jabón antes de fumar o comer.

Inmediatamente quitarse la ropa afectada y lavarla separadamente antes de volver a usarla.

SECCIÓN 9	PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS
-----------	-----------------------------

PUNTO DE EBULLICIÓN:	NA	PESO ESPECÍFICO:	NA
PRESIÓN VAPOR	: NA	VOLÁTILES%	:NA
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (VOC)	: No contiene	INDICE DE EVAPORACIÓN:	NA
			(BuAc=1)
SOLUBILIDAD EN AGUA:	Completa	PH CONC. EN AGUA:	
APARIENCIA Y OLOR	: Solido granular	3%	3,5-4,5
	naranja		

SECCIÓN 10	DATOS DE REACTIVIDAD
------------	----------------------

ESTABILIDAD: CORRECTA

CONDICIONES A EVITAR:

Contacto con reductores potentes, cáusticos concentrados alcalis concentrados y metales reactivos

PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN:

Por calentamiento puede evolucionar óxidos tóxicos de fluoruro de hidrógeno.



SECCIÓN 11	INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS
------------	-----------------------------

DL 50 ORAL SOBRE RATAS:
DL 50 BICROMATO SÓDICO (ORAL, RATA): 50 MG/KG
VALOR LIMITE:
No establecido
VALOR MEDIO DE EXPOSICIÓN (VME):
0,1 mg/m³.

SECCIÓN 12	INFORMACIONES ECOLÓGICAS
------------	--------------------------

BIODEGRADABILIDAD:
No disponible
DBO 5 (mg O₂/g):
No disponible
DQO (mg O₂/gr):
2% < 500 ppm O₂

SECCIÓN 13	INDICACIONES PARA SU ELIMINACIÓN
------------	----------------------------------

PROCEDIMIENTO DE DESTRUCCIÓN DEL PRODUCTO O RESIDUOS:
Confiar la destrucción de este producto a un centro autorizado.
PROCEDIMIENTO DE TRATAMIENTO DE LOS EMBALAJES:
Confiar la destrucción de los embalajes que hayan contenido el producto a un centro autorizado.

SECCIÓN 14	INDICACIONES PARA EL TRANSPORTE
------------	---------------------------------

CLASE	6.1
ETIQUETA	TOXICO
NUMERO UN	3288
GRUPO EMBALAJE	III
DESCRIPCIÓN	SOLIDO INORGANICO TOXICO N.E.P. (BICROMATO SÓDICO Y FLUOSILICATO SÓDICO)
IMO	3288 PG III

SECCIÓN 15	REGLAMENTACIONES
------------	------------------

SEÑALIZACIÓN SEGÚN LAS DIRECTIVAS DE LA CE:
TOXICO, COMBURENTE, NOCIVO MEDIO AMBIENTE
CONTIENE DICROMATO SÓDICO Y FLUOSILICATO SÓDICO

R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles
R42/43 Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel
R45 Puede causar cáncer
R24/25 Tóxico en contacto con la piel y por ingestión
R 60 Puede perjudicar la fertilidad
R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R26 Muy tóxico por inhalación
R34 Provoca quemaduras
R50/53 Muy toxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en medio ambiente acuático
R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
S2 Manténgase fuera del alcance de los niños
S53 Evitese la exposición. Recabense instrucciones especiales antes del uso
S26 En caso de contacto con los ojos lávenlos inmediata y abundant. con agua y acúdase al médico

S45 En caso de accidente o malestar acuda inmediatamente al médico
S61 Evitese su liberación al medio amb. Recabense instrucciones específicas.
S60 Elimínese el producto y recipiente como residuos peligrosos



SECCIÓN 16

INFORMACIONES ADICIONALES

Los datos indicados corresponden a nuestros conocimientos actuales y no representan una garantía de las propiedades. El receptor de nuestro producto deberá observar, bajo su responsabilidad, las reglamentaciones y normativas correspondientes.

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA EMPRESA

Fórmula Química:

CrO3

Otros Nombres:

Trióxido de cromo, anhídrido crómico.

Números de Registro:

Nº Orden: 024-001-00-0 (Según la Directiva 67/548/CEE)

Código:

67102 ACIDO CROMICO

Suministrador:

BRENNTAG QUIMICA, S.A.
P.I.LA ISLA-TORRE HERBEROS, 10
DOS HERMANAS
SEVILLA
Tlfno.Contacto:(95) 491 94 00

Características:

Cristales rojos, purpurinos oscuros, solubles en agua.

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Composición:

Trióxido de cromo, Nº CAS: 1333-82-0, Nº CE: 215-607-8, O, T, C, N,
R-49, R-8, R-25, R-35, R-43, R-50/53

ESPECIFICACIONES: (REV.02 | 27/01/2004)

Riqueza	% min	99,5
Insolubles en agua	% max	0,030
Sulfatos	% max	0,15

Estas informaciones corresponden al estado actual de nuestros conocimientos y se suministra de buena fe. Sin embargo, corresponde al usuario la responsabilidad de cerciorarse que el producto es apropiado para el uso particular al que se le destina y se manipula de acuerdo la legislación aplicable, tanto local como nacional.

1. IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA/PREPARADO Y DE LA EMPRESA

Fórmula Química:

Na₂Cr₂O₇

Otros Nombres:

Sal sódica del ácido crómico.

Números de Registro:

Nº Orden: 024-004-00-7 (Según la Directiva 67/548/CEE)

Código:

E296 BICROMATO SODICO ANHIDRO

Suministrador:

BRENNTAG QUIMICA, S.A.
P.I.LA ISLA-TORRE HERBEROS, 10
DOS HERMANAS
SEVILLA
Tlfn.Contacto:(95) 491 94 00

Características:

Sólido cristalino rojo anaranjado, inodoro.

2. COMPOSICION/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

Composición:

Bicromato sódico anhidro, Nº CAS: 10588-01-9, Nº CE: 234-190-3,
O, T+, N, R-49, R-46, R-8, R-21, R-25, R-26, R-37/38, R-41, R-43,
R-50/53

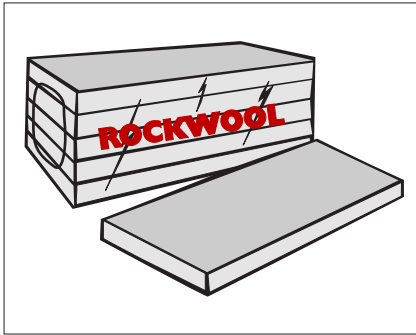
Para el texto completo de las frases mencionadas en esta sección,
ver la sección 16.

ESPECIFICACIONES: (REV.02 | 24/09/2004)

Riqueza	% min	99
Sulfatos	% max	0,2
Cloruros	% max	0,4
Hierro	% max	0,003
pH solución al 10%		3,6 - 4,4

Estas informaciones corresponden al estado actual de nuestros conocimientos y se suministra de buena fe. Sin embargo, corresponde al usuario la responsabilidad de cerciorarse que el producto es apropiado para el uso particular al que se le destina y se manipula de acuerdo la legislación aplicable, tanto local como nacional.

PANEL 755



Descripción del producto

Panel rígido de lana de roca volcánica, levemente impregnada con resina (existe la posibilidad de suministrar estos productos con revestimiento de velo mineral o de aluminio, bajo pedido).

Aplicaciones

Aislamiento térmico, acústico y protección contra incendios de equipos industriales sometidos a altas temperaturas como hornos, reactores... Los paneles se aplican sobre equipos provistos de paredes planas o de un gran radio de curvatura.

Ventajas

- Excelentes prestaciones de aislamiento térmico, acústico y prevención contra el fuego.
- Reacción al fuego, M0 - No combustible -
- Resistencia a altas temperaturas.
- No hidrófilo.
- Facilidad de montaje.
- Químicamente inerte.
- Libre de CFC y HCFC, respetuoso con el medio ambiente.

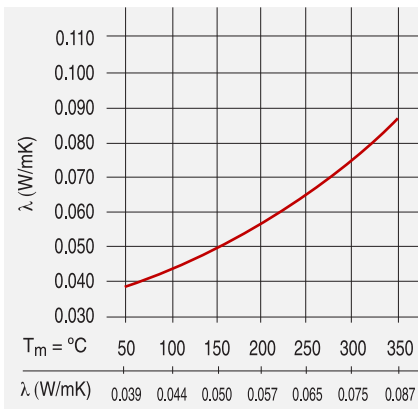
Características técnicas

Densidad

145 Kg/m³, paneles rígidos.

Conductividad térmica

Ensayo realizado según Norma DIN 52612



Temperatura de trabajo

710 °C en régimen continuo Norma AGI-Q 132 y 750 °C en punta Norma ASTM-C411.

Calor específico

0.84 kJ/kg K a 20 °C.

Comportamiento al agua

Absorción de vapor de agua según ASTM C 1104 / C 1104 M, es de ± 0,02% de su volumen. Los paneles son repelentes al agua, no higroscópicos ni capilares, de acuerdo con BS-2972.

Resistencia al paso del vapor de agua

La resistencia al paso del vapor de agua es ínfima, similar a la del aire $\mu \pm 1.3$.

Reacción al fuego

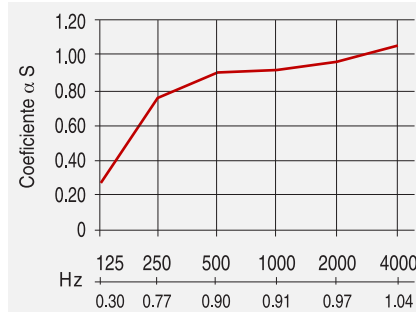
Panel clasificado como incombustible M0: Norma UNE 23.727.

Aislamiento acústico

A menudo es necesario dotar de un aislamiento acústico los equipos industriales. La utilización del panel 755, favorece la reducción del ruido.

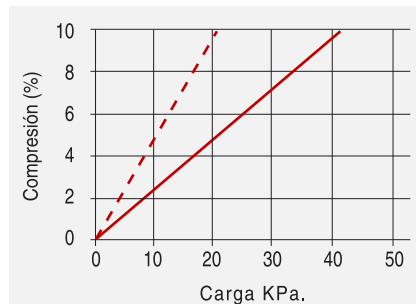
Coefficiente de absorción acústica

Ensayo según Norma ISO R 354; con productos de 50 mm de espesor colocados directamente sobre el soporte.



Resistencia a la compresión

Calculado según DIN-52272



Compresión	5%	10%
Carga en kPa	20.5	41.0

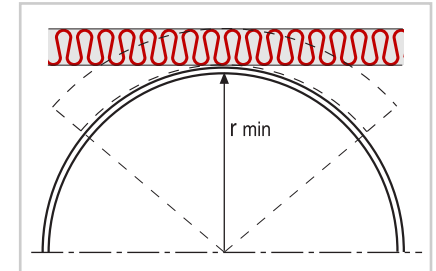
Industria

Dimensiones

Largo: 1200 mm		Ancho: 600 mm			
Espesor en mm	30	40	50	60	80

Radio mínimo de curvatura

Los paneles 755 pueden ser instalados sobre superficies curvas, respetando los valores de la tabla.



Espesores en mm	25	40	50	60	70	80	100	120
radio de curvatura en mm	1300	1900	2600	3000	3200	3400	3500	--

Instalación

Diferentes posibilidades en función de las características de los equipos a aislar y de sus revestimientos:

- Colocados bajo ligera presión entre dos planchas metálicas.
- Fijados mecánicamente mediante pins soldados, provistos de arandela antirretorno.
- Colocados entre anillos separadores o perfiles.
- Los productos deben instalarse siempre secos.

Manipulación

Los paneles 755 son fáciles de cortar con un cuchillo o un cutter.

Mantenimiento

Los paneles 755 no precisan ningún tipo de mantenimiento.

Embalaje

Los paneles son suministrados en paquetes embalados con película plástica retráctil y paletizados. Deben almacenarse sin contacto con el suelo y a cubierto.

Generalidades

Los valores reseñados en la presente ficha técnica son valores medios obtenidos en ensayos. Rockwool se reserva el derecho en todo momento y sin previo aviso a modificar las especificaciones de sus productos.

ROCKWOOL
LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

ROCKWOOL PENINSULAR, S.A.

ADMINISTRACIÓN Y SERVICIO A CLIENTES

Bruc 50, 3^o 3^a - 08010 BARCELONA
Tel. 93 318 90 28 - Fax 93 318 89 66

www.rockwool.es



***PLIEGO
DE
CONDICIONES.***

Índice.

1.OBJETIVO.....	5
2.CONDICIONES GENERALES.....	6
2.1. Contradicciones, omisiones o errores.....	6
2.2. Trabajos previos.....	6
2.2.1. Comprobación del replanteo.....	6
2.2.2. Fijación de los puntos de replanteo.....	7
2.2.3. Programación de los trabajos.....	7
2.3. Plazos de ejecución.....	8
2.4. Control y desarrollo de los trabajos.....	8
2.4.1. Ensayos.....	8
2.4.2. Equipos.....	9
2.4.3. Materiales.....	9
2.4.3.1. Manipulación de materiales.....	10
2.4.3.2. Inspección en la planta de procesos.....	10
2.4.3.3. Materiales defectuosos.....	10
2.4.4. Trabajos nocturnos.....	11
2.4.5. Accidentes laborales.....	11
2.4.6. Trabajos no autorizados.....	12
2.4.7. Acopios.....	12
2.4.8. Señalización de obras.....	13
2.4.9. Precauciones.....	13
2.3.9.1. Incendios.....	13
2.3.9.2. Lluvia.....	14
2.4.10. Personal técnico.....	14
2.4.11. Descansos en días festivos.....	15
2.5. Mediciones de obras.....	15
2.6. Certificaciones.....	15

2.6.1. Precio unitario.....	15
2.6.2. Partidas alzadas.....	16
2.6.3. Equipos de maquinaria e instalaciones.....	16
2.7. Legislación social.....	16
2.8. Director de obras.....	16
2.9. Gastos de cuenta del contratista.....	17
2.10. Recepciones y obligaciones del contratista.....	18
2.10.1. Recepción provisional.....	19
2.10.2. Plazo de garantía.....	19
2.10.3. Recepción definitiva.....	20
2.10.4. Prescripciones particulares.....	20
3. MEDICIÓN DE LAS OBRAS.....	21
3.1. Mediciones y valoraciones.....	21
3.2. Condiciones económicas.....	21
3.3. Condiciones legales.....	21
4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	22
4.1. Ejecución general.....	22
4.2. Replanteo.....	22
4.3. Orden de los trabajos y marcha de las obras.....	22
4.4. Obra civil.....	23
4.5. Instalaciones varias.....	23
4.6. Responsabilidad de la contrata.....	23
4.7. Dirección de los trabajos.....	24
4.8. Legalización.....	24
5. MATERIALES Y EQUIPOS.....	25
5.1. Normativas y referencia.....	25
5.2. Condiciones para los materiales.....	25
5.2.1. Condiciones generales para los materiales.....	25

5.2.2. Condiciones para las tuberías y tubos de serpentines.....	26
5.2.3. Condiciones para las bridas.....	26
5.2.4. Condiciones para los accesorios soldables.....	27
5.2.5. Condiciones para las juntas.....	27
5.2.6. Condiciones para las válvulas.....	27
5.2.7. Condiciones para las soldaduras.....	28
5.2.8. Condiciones de las planchas para la fabricación de los equipos.....	28
5.2.9. Condiciones para el hormigón armado.....	29
5.3. Condiciones para los equipos.....	29
5.3.1. Condiciones para los intercambiadores de calor y serpentines de calentamiento.....	29
5.3.2. Condiciones para las bombas.....	30
5.4. Condiciones sobre instalaciones auxiliares.....	31
5.4.1. Condiciones sobre pintura y preparación de superficies.....	31
5.4.2. Condiciones para los aislamientos.....	31
5.4.3. Condiciones para la instrumentación.....	32
5.4.4. Condiciones de los equipos eléctricos.....	32
5.4.5. Condiciones del agua de refrigeración.....	33
5.4.6. Condiciones del aire para la agitación de los baños de proceso.....	33
5.4.7. Condiciones del sistema de rebose y desagüe.....	33
5.4.8. Condiciones de seguridad de los equipos.....	33
5.4.9. Condiciones de la obra civil.....	34
6. SEGURIDAD E HIGIENE.....	35
Operaciones de riesgo.....	35
6.1.1. Equipos, maquinaria fija y herramientas.....	35
6.1.2. Manipulación y almacenamiento de productos químicos.....	38
6.1.3. Maquinaria móvil y vehículos.....	40
6.1.4. Manipulación de cargas.....	41
6.1.5. Lugares y espacios de trabajo.....	44
6.1.6. Agentes físicos.....	45
6.1.7. Incendio y explosión.....	46

6.1.8. Trabajos en altura.....	48
6.1.9. Electricidad.....	49
6.1.10. Legislación aplicable.....	50
6.1.11. Normativa.....	51

1. OBJETIVO.

El objetivo del presente pliego de condiciones es el de establecer el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo del proyecto.

Contiene las condiciones técnicas normalizadas referente a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obra y, en general, todos los aspectos necesarios para la ejecución del proyecto de forma que pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.

El contratista está obligado a ejecutar el proyecto según se especifica en el pliego de condiciones y conocer en su totalidad el contenido del proyecto.

2. CONDICIONES GENERALES.

2.1. CONTRADICCIONES, OMISIONES O ERRORES.

En el caso de contradicción entre los planos y el pliego e prescripciones técnicas, prevalecerá lo indicado en este último. Lo mencionado en el pliego de prescripciones técnicas y omitido en los planos y viceversa, habrá de ser aceptado como si estuviese expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del ingeniero director de obras, quede suficientemente definida la instalación correspondiente y ésta tenga precio en el contrato.

2.2. TRABAJOS PREVIOS.

Los trabajos previos para el inicio de las obras consistirán en:

- Comprobación del replanteo de las instalaciones.
- Fijación y conservación de los puntos de replanteo.
- Programación de los trabajos.

2.2.1. COMPROBACIÓN DEL REPLANTEO.

En el plazo de quince días a partir de la adjudicación definitiva se comprobarán, en presencia del adjudicatario o de su representante, el replanteo de las obras efectuadas antes de la licitación, extendiéndose la correspondiente acta de comprobación del replanteo.

El acta de comprobación del replanteo reflejará la conformidad o la disconformidad del replanteo respecto a los documentos contractuales del proyecto, refiriéndose expresamente a las características geométricas de los trabajos, así como a cualquier punto que en caso de disconformidad pueda afectar al cumplimiento del contrato.

Cuando el acta de comprobación del replanteo refleje alguna variación respecto a los documentos contractuales del proyecto, deberá ser acompañada de un nuevo presupuesto, valorado a los precios del contrato. Este presupuesto será acordado entre el ingeniero director y el contratista.

2.2.2. FIJACIÓN DE LOS PUNTOS DE REPLANTEO.

La comprobación de los puntos del replanteo deberá incluir como mínimo los datos y referencias previstos para poder materializar las obras, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle y de otros elementos que puedan estimarse precisos.

Los datos, puntos y cotas fijadas se anotarán en un anexo al acta de comprobación del replanteo, el cual se unirá al expediente de las obras, entregándose una copia al contratista.

Los puntos de referencia para los sucesivos replanteos se marcarán con los medios adecuados para evitar su desaparición.

El contratista se responsabilizará de la conservación de las señales de los puntos que hayan sido entregados.

2.2.3. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS.

En el plazo que se determine, el adjudicatario presentará el programa de trabajos de las obras, el cual incluirá los siguientes datos:

- Determinación de los medios necesarios, tales como instalaciones, equipos y materiales.
- Fijación de las clases de obras y trabajos que integran el proyecto e indicación de las mismas.

- Valoración mensual y acumulada de la obra, programada sobre la base de los precios unitarios de adjudicación.
- Realización del PERT de las obras e instalaciones.

Cuando el programa de trabajos considere necesario modificar cualquier condición contractual, dicho programa deberá ser redactado por el adjudicatario y por la dirección técnica de las obras, acompañándose de la correspondiente propuesta de modificación para su tramitación reglamentaria.

2.3. PLAZOS DE EJECUCIÓN.

El contratista empezará las obras al día siguiente de la fecha del acta de comprobación de replanteo, debiendo quedar terminadas en la fecha acordada en dicho acta. En caso de demora en la finalización de las obras se impondrán las sanciones previstas al efecto.

2.4. CONTROL Y DESARROLLO DE TRABAJOS.

Para un mejor control y desarrollo de los trabajos, el adjudicatario seguirá las normas que seguidamente se indican:

2.4.1. ENSAYOS.

El número de ensayos y su frecuencia, tanto sobre materiales como unidades de obras terminadas, será fijado por el ingeniero director, y se efectuarán siguiendo las normas que afecten a cada unidad de obra, o en su defecto, con arreglo a las instrucciones que dicte el director.

El adjudicatario abonará el costo de los ensayos que se realicen, que no podrán superar el 1% del presupuesto de adjudicación.

El contratista está obligado a realizar su autocontrol de cotas y tolerancias en general, así como el de calidad mediante ensayos materiales. No se comunicará a la dirección de obra que una unidad de obra está terminada a juicio del contratista para su comprobación hasta que el mismo contratista, haya hecho comprobaciones y ensayos y se asegure de cumplir las especificaciones. El contratista está obligado a disponer de los equipos necesarios para dichas mediciones y ensayos.

2.4.2. EQUIPOS.

El contratista estará obligado a situar en las obras los equipos de la maquinaria que se comprometan a aportar en la licitación, y que el director de obra considere necesario para el correcto desarrollo de las mismas. Dichos equipos de maquinaria deberán ser aprobados por el director.

El contratista es responsable de los riesgos o contratiempos. La maquinaria y demás elementos de trabajo deberán estar en perfectas condiciones de funcionamiento y quedar adscritos a la obra durante el curso de la ejecución de las unidades en las que deba utilizarse. No podrán retirarse sin el consentimiento del director.

2.4.3. MATERIALES.

Todos los materiales que se utilicen en las obras deberán cumplir las series de condiciones que se establecen en el pliego de condiciones, en caso contrario pueden ser rechazados por el ingeniero director. Por ello, todos los materiales que se propongan para ser utilizados en la obra deberán ser examinados y ensayados antes de su aceptación en primera instancia mediante el autocontrol del contratista y, eventualmente, con el control de dirección de obra.

Cuando la procedencia de los materiales no esté fijada en el pliego de condiciones, los materiales requeridos para la ejecución del contrato serán fijados por el contratista de las fuentes de suministro que se estime oportuno.

El contratista notificará al director los materiales que se propone a utilizar y su procedencia, aportando, cuando lo solicite el director, las muestras y datos necesarios para su posible aceptación, tanto referido a calidad como a cantidad.

El no rechazo de un material no implica su aceptación, pero la aceptación de una procedencia no impide el posterior rechazo de cualquier partida de material de ella que no cumpla las prescripciones, ni incluso la posible prohibición de dicha procedencia. En ningún caso podrán ser acoplados y utilizados en los trabajos materiales cuya procedencia no haya sido aprobada por el director.

2.4.3.1. MANIPULACIÓN DE MATERIALES.

Todos los materiales se manipularán con precaución, y de tal modo que se mantengan su calidad y aptitud. Del mismo modo se tendrán en cuenta los riesgos detectados en la evaluación correspondiente y se actuará consecuentemente a dicha evaluación.

2.4.3.2. INSPECCIÓN EN PLANTA DE PROCESOS.

Si el volumen de la obra, la marcha de la construcción y otras consideraciones lo justifican, el ingeniero puede proceder a la inspección del material o de los artículos manufacturados en sus respectivas fuentes.

2.4.3.3. MATERIALES DEFECTUOSOS.

Todos los materiales que no se ajusten a los requisitos del pliego de condiciones se considerarán defectuosos por lo que se retirarán inmediatamente del lugar de obra, a menos que el ingeniero ordene lo contrario.

Los materiales rechazados cuyos defectos se hayan corregido substancialmente, no se utilizarán mientras no se les haya otorgado la aprobación por parte del ingeniero director.

2.4.4. TRABAJOS NOCTURNOS.

Los trabajos nocturnos deberán ser autorizados previamente por el director, y realizados solamente en las unidades de obra que lo requieran. El contratista deberá instalar los equipos de iluminación y mantenerlo en perfecto estado mientras duren dichos trabajos.

2.4.5. ACCIDENTES LABORALES.

De acuerdo con lo establecido en la ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, el contratista está obligado a contratar, para su personal, el seguro contra riesgo por accidente de trabajo.

La dirección de obra y el contratista fijarán de antemano las condiciones de seguridad en las que se llevarán a cabo los trabajos objeto del presente proyecto, así como los ensayos, inspecciones y verificaciones precisas, que en cualquier caso deberán ser las prescritas por los reglamentos actuales vigentes.

En aquellos casos en que la dirección de obra o el contratista consideren que se deben tomar disposiciones adicionales de seguridad, podrán tomarse sin reserva alguna.

Será responsabilidad del contratista los posibles daños causados en las instalaciones, tanto si están terminadas como si están en fabricación, ocasionados por personas ajenas a la obra dentro del horario establecido de trabajo, así como de los accidentes personales que puedan ocurrir.

Por otra parte, el contratista será responsable de suministrar al personal a su cargo de los equipos necesarios para que éste trabaje en las condiciones de seguridad adecuadas.

2.4.6. TRABAJOS NO AUTORIZADOS O DEFECTUOSOS.

Si algún trabajo no se hallase con arreglo a las condiciones del contrato y fuera, sin embargo, admisible a juicio del ingeniero director de obras, podrá ser recibida provisionalmente, y definitivamente en su caso, quedando el adjudicatario obligado a conformarse, sin derecho a reclamación, con la rebaja económica que el ingeniero director considere, salvo que en el caso de que el adjudicatario opte por el rechazo a su costa y las vuelva a realizar con arreglo a las condiciones del contrato.

Los trabajos defectuosos no serán de abono, debiendo ser rechazados por el contratista y se volverán a efectuar en el plazo de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

2.4.7. ACOPIOS.

Quedará terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del director, efectuar acopios de materiales, cualesquiera que sea su naturaleza, en la zona de trabajo y en aquellas zonas marginales que defina el director.

Se considera especialmente prohibido el depositar materiales, maquinaria, escombros, herramientas o cualquier otro elemento no deseable en las zonas siguientes:

- Áreas de proceso adyacentes o limítrofes con la zona donde se realizan los trabajos.
- Desagües y zonas de trabajo en general.
- Vías de acceso a lugares de operación, puntos de situación de extintores y puntos de reunión para estados de emergencia.
- Calles y vías de circulación interior, tanto en la zona de trabajo como en las áreas de proceso adyacentes a ésta.
- En general, cualquier lugar en el que la presencia de materiales, herramientas o utensilios pueda entorpecer las labores de mantenimiento y

operación de las unidades de proceso, o pueda dificultar el proceso de emergencia de la planta.

Los materiales se almacenarán de forma tal que se asegure la preservación de su calidad para su utilización en la obra, requisito que deberá ser comprobado en el momento de su utilización.

Las superficies empleadas en la zona de acopios deberán acondicionarse de forma que, una vez terminada su utilización, recuperen su aspecto original. Todos los gastos que derive de ello correrán a cargo del contratista.

2.4.8. SEÑALIZACIÓN DE OBRAS.

El contratista queda obligado a señalar a su costa las obras objeto del contrato, con arreglo a las instrucciones y uso de aparatos que prescriba el director.

2.4.9. PRECAUCIONES.

2.4.9.1. INCENDIOS.

El contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios, y a las órdenes y recomendaciones que reciba del director.

Deberá adoptar las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios, o se realicen operaciones que puedan provocarlo, y será responsable de evitar la propagación de los que se requieran para la ejecución de las obras, así como de los daños y perjuicios que se puedan producir.

No obstante lo anterior, el contratista podrá exigir el asesoramiento de un técnico de seguridad competente, elegido por la dirección, en todos los casos que él lo estime conveniente, y, particularmente, en aquellos en los que el riesgo de producción de incendio sea más elevado.

2.4.9.2. LLUVIA.

Durante las fases de construcción, montaje e instalación de obras y equipos, éstos se mantendrán en todo momento en perfectas condiciones de drenaje. Las cunetas y demás desagües se mantendrán de forma que no produzcan daños.

El equipo que no necesite revisión o inspección previa a su instalación no será desembalado hasta el momento de la misma. Se protegerá el equipo desembalado de la lluvia mediante cubiertas y protectores adecuados.

2.4.10. PERSONAL TÉCNICO.

El contratista está obligado a dedicar a los trabajos, tanto de obra civil como de montaje e instalación de líneas y equipos, el personal técnico a que se comprometió en la licitación. A pie de obras y al frente de las mismas deberá haber un ingeniero superior.

El personal así designado no será asignado a otras obligaciones mientras duren los trabajos.

El director podrá prohibir la presencia en la zona de trabajos de determinado personal del contratista por motivo de falta de obediencia o respeto, o por causa de actos que comprometan o perturben, a su juicio, la seguridad, integridad o marcha de los trabajos.

El contratista podrá recurrir, si entendiéndose que no hay motivo fundado para dicha prohibición.

Por otra parte, el personal a cargo del contratista deberá estar lo suficientemente cualificado para la realización de los trabajos. Es responsabilidad del contratista, por lo tanto, cualquier retraso derivado de la incompetencia o ignorancia del personal a su cargo.

2.4.11. DESCANSO EN DÍAS FESTIVOS.

En los trabajos concedidos a la contrata se cumplirá puntualmente el descanso en días festivos, del modo que se señale en las disposiciones vigentes.

En casos excepcionales, en lo que fuera necesario trabajar en dichos días, se procederá como se indica en las citadas disposiciones.

2.5. MEDICIÓN DE OBRA.

La forma de realizar la medición, y las unidades de medida a utilizar, serán definidas en el pliego de prescripciones técnicas para cada unidad de obra.

Todas las mediciones básicas para el abono deberán ser conformadas por el director y el representante del contratista.

Las unidades que hayan de quedar ocultas o enterradas deberán ser medidas antes de su ocultación. Serán de cuenta del contratista las operaciones para llevarlas a cabo si la medición no se efectuó a su debido tiempo.

2.6. CERTIFICACIONES.

El importe de los trabajos efectuados se acreditará mensualmente al contratista por medio de certificaciones expedidas por el director en la forma legalmente establecida.

2.6.1. PRECIO UNITARIO.

Los precios unitarios fijados en el contrato para cada unidad de obra cubrirán todos los gastos efectuados para la ejecución material de la unidad correspondiente, incluidos los trabajos auxiliares, materiales, mano de obra y medios auxiliares de cada unidad de obra, siempre que expresamente no se indique lo contrario en este pliego de prescripciones técnicas.

2.6.2. PARTIDAS ALZADAS.

Las partidas alzadas a justificar se abonarán consignando las unidades de obra que comprenden los precios del contrato, o los precios aprobados si se trata de nuevas unidades.

2.6.3. EQUIPOS DE MAQUINARIA E INSTALACIONES.

Los gastos correspondientes a equipos de maquinaria e instalaciones se considerarán incluidos en los precios de las unidades correspondientes, y en consecuencia, no serán abonados separadamente.

2.7. LEGISLACIÓN SOCIAL.

El contratista estará obligado al cumplimiento de lo establecido en la Ley sobre el Contrato del Trabajo y Reglamentaciones de Trabajo Regulatoras de Subsidio y Seguros Sociales vigentes, y será responsable de todo y cuanto ocurra en las obras a este respecto.

2.8. DIRECTOR DE OBRAS.

El ingeniero director de obras será responsable de la inspección y vigilancia de la ejecución del contrato, y asumirá la representación de la administración o de la entidad pertinente frente al contratista.

Las funciones del ingeniero director de obras serán las siguientes:

- Garantizar la ejecución de las obras con sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.
- Resolver toda cuestión técnica que surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidad de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones de contrato.

- Definir aquellas condiciones técnicas que en el presente pliego de condiciones se deje a su decisión.
- Estudiar los posibles problemas o incidencias planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y ocupaciones de los bienes afectados por ellas. Estos permisos y autorizaciones se obtendrán de los organismos oficiales y de los particulares. De igual modo, debe resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso, para lo cual, el contratista deberá poner a su disposición el personal y el material de la obra.
- Participar en las recepciones provisionales y definitivas y redactar la liquidación de las obras conforme a las normas legales establecidas.
- Acreditar al contratista las obras realizadas conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.

El contratista estará obligado a prestar su colaboración al ingeniero director para el normal cumplimiento de las funciones a éste encomendadas.

2.9. GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA.

Serán de cuenta del contratista, siempre que el contrato no indique lo contrario, los siguientes gastos:

- Los gastos de instalación y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.

- Los gastos de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro, incendio o daño, cumpliendo los requisitos vigentes para almacenamiento de explosivos y carburantes.
- Los gastos de alquiler o adquisición de terreno para depósito de maquinaria y materiales.
- Los gastos de limpieza y evacuación de residuos.
- Los gastos de suministro, colocación y conservación de señales de tráfico, balizamiento y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras.
- Los gastos de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos.
- Los gastos de montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro del agua y la energía eléctrica necesaria para las obras.
- Los gastos de desmontaje de las instalaciones provisionales.

2.10. RECEPCIONES, OBLIGACIONES Y GARANTÍAS DEL CONTRATISTA.

El adjudicatario deberá obtener a su costa todos los permisos y licencias para la ejecución de las obras. Del mismo modo serán de su cuenta los gastos derivados de los permisos y tasas.

La recepción, obligaciones y garantías del contratista serán las siguientes:

- Recepción provisional.
- Plazo de garantía.
- Recepción definitiva.

2.10.1. RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Una vez terminados los trabajos, se procederá al examen global por parte del director, el cual, si los considera aptos para ser recibidos, extenderá un acta donde así lo haga constar, procediéndose inmediatamente a la puesta en marcha y entrada en normal funcionamiento de las instalaciones.

En ningún caso la recepción provisional tendrá lugar antes de las siguientes operaciones:

- Inspección visual de todos los equipos y líneas, así como de los equipos auxiliares.
- Prueba hidrostática de las áreas que así lo requieran.
- Comprobación de servicios auxiliares.

Teniendo en cuenta lo anterior, la obra no podrá ponerse en funcionamiento por partes desde su inicio, a menos que, a juicio del ingeniero director, no se perjudique la integridad de la instalación y no se interfiera en la normal operación de otras unidades o procesos adyacentes.

Si el ingeniero director apreciase en las obras defectos de calidad u otras imperfecciones que, a su juicio, pudieran resultar perjudiciales, el contratista deberá reparar o sustituir, a su costa, dichas partes o elementos no satisfactorios.

2.10.2. PLAZO DE GARANTÍA.

Dicho plazo será de dos años, contado a partir de la fecha de recepción provisional, salvo indicación contraria expresa en el pliego de contratación de la obra. Durante este periodo, las posibles obras de reparación, conservación y sustitución serán por cuenta del contratista, siendo éste responsable de las faltas que puedan existir.

En caso de existir imperfecciones o defectos, no servirá de disculpa ni le dará derecho alguno al contratista el que el director o subalterno hayan examinado durante la construcción, reconocido sus materiales o hecho su valoración en las relaciones parciales. En consecuencia, si se observan vicios o imperfecciones antes de efectuarse la recepción, se dispondrá que el contratista demuela y reconstruya, o bien repare, de su cuenta, las partes defectuosas. Los equipos e instalaciones que posean una procedencia distinta a la encargada al contratista gozarán de garantía propia según fabricante o distribuidor.

2.10.3. RECEPCIÓN DEFINITIVA.

Transcurrido el plazo de garantía, y previo a los trámites reglamentarios, se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras, una vez realizado el oportuno reconocimiento de las mismas y en el supuesto de que todas ellas se encuentren en las condiciones debidas.

En caso que, al proceder al reconocimiento de las obras, éstas no se encontrasen en estado de ser recibidas, se aplazará su recepción hasta que estén en condiciones de serlo.

Al proceder a la recepción definitiva de las obras, se extenderá por cuadruplicado el acta correspondiente.

2.10.4. PRESCRIPCIONES PARTICULARES.

En todos aquellos casos en que, a juicio del director de obras, se haga aconsejable para la ejecución de los trabajos previstos la fijación de determinadas condiciones específicas, se procederá a la redacción por aquel del oportuno pliego de prescripciones particulares, que ha de ser aceptado por el contratista, quedando obligado a su cumplimiento.

3. MEDICIÓN DE LAS OBRAS.

3.1. MEDICIONES Y VALORACIONES.

Las mediciones de las obras concluidas se harán por el tipo de unidad fijada en el presupuesto. La valoración deberá obtenerse igualmente, aplicando a las unidades de obra el precio que tuviesen asignado en el presupuesto.

La valoración de las partidas no expresadas se verificará aplicando a cada una de ellas la medida más apropiada, en la forma y condiciones que estime el director de obra, multiplicando el resultado final de la medición por el precio correspondiente.

3.2. CONDICIONES ECONÓMICAS.

Las condiciones especiales que regirán esta obra para la liquidación y abono de la misma serán establecidas por la entidad contratante y deberán comunicarse por escrito al contratista y al ingeniero director antes de la adjudicación de la obra.

3.3. CONDICIONES LEGALES.

Regirán las condiciones contenidas en el anuncio de subasta y contrata de ejecución, las cuales se ajustarán a las establecidas por las Leyes Generales del Estado.

4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

4.1. EJECUCIÓN GENERAL.

El contratista tiene la obligación de ejecutar esmeradamente las obras, cumplir estrictamente todas las condiciones estipuladas y cuantas órdenes le sean dadas por el director de obra, entendiéndose que deben entregarse completamente terminadas cuantas obras afecten a este compromiso.

Si a juicio del citado director, hubiese alguna parte de la obra mal ejecutada, tendrá el contratista obligación de volverla a ejecutar cuantas veces sean necesarias, hasta quedar a satisfacción de aquel, no siendo motivos estos aumentos de trabajo para pedir indemnización alguna.

4.2. REPLANTEO.

Antes de comenzar los trabajos se realizará el replanteo general del trazado de cables y tuberías por el contratista o su representante bajo las órdenes del director de obra, marcando las alineaciones con los puntos necesarios para que, con el auxilio de los planos, el contratista pueda ejecutar debidamente las obras.

Será obligación del contratista la custodia y reposición de las señales que se establezcan en el replanteo. Para la realización del replanteo el contratista deberá aportar todo el material y personal necesario para la ejecución de esta operación.

4.3. ORDEN DE LOS TRABAJOS Y MARCHA DE LAS OBRAS.

El técnico director encargado de las obras fijará el orden en que deben llevarse a cabo estos trabajos, y la contrata está obligada a cumplir exactamente cuanto se disponga sobre el particular.

Una vez iniciadas las obras deberán continuarse sin interrupción y terminarse en el plazo estipulado. Los retrasos, cuando sean justificados, podrán ser aceptados por la dirección de la obra.

4.4. OBRA CIVIL.

Se realizará con arreglo a las especificaciones de los restantes documentos del presente proyecto y a las órdenes que expresamente deberá solicitar el contratista al director de la obra.

4.5. INSTALACIONES VARIAS.

En todas las instalaciones, y como norma general, se seguirá exactamente todo lo indicado en la memoria y demás documentos del proyecto. En caso de duda, será competencia del director del proyecto decidir la solución a adoptar. Las instalaciones serán efectuadas conforme a los reglamentos vigentes que les afectan.

4.6. RESPONSABILIDAD DE LA CONTRATA.

La contrata será la única responsable de la ejecución de las obras, no teniendo derecho a indemnizaciones de ninguna clase por errores que pudiera cometer, y que serán de su cuenta y riesgo.

Aún después de la recepción provisional, la contrata está obligada a rectificar todas las deficiencias que sean advertidas por la dirección de obra. La demolición o reparación precisa será exclusivamente por cuenta de la contrata.

Asimismo, la contrata se responsabilizará ante los tribunales de los accidentes que puedan ocurrir durante la ejecución de las obras. Igualmente, estará obligada al cumplimiento de todos los preceptos legales establecidos o que se establezcan por disposiciones oficiales.

4.7. DIRECCIÓN DE LOS TRABAJOS.

El técnico encargado de las obras constituye la dirección técnica y, como tal, ejecutará todos los trabajos del desarrollo del proyecto, así como la dirección e inspección de los trabajos. Por lo tanto, la dirección técnica asumirá toda la responsabilidad en lo concerniente a planos e instrucciones técnicas.

4.8. LEGALIZACIÓN.

Para la recepción de las obras la contrata está obligada a la legalización de las obras e instalaciones ante los organismos oficiales competentes. Los gastos que estos ocasionen correrán por cuenta de la contrata.

5. MATERIALES Y EQUIPOS.

El presente apartado del pliego de condiciones tiene por objeto establecer las calidades y características de los equipos y dispositivos objeto de este proyecto, así como de los materiales que los constituyen.

5.1. NORMATIVA Y REFERENCIA.

Se tendrán como de obligado cumplimiento las siguientes normas y estándares:

- UNE 14035 y DIN 4101. Soldaduras de planchas de acero.
- UNE 19011. Tubos lisos de acero soldados y sin soldadura. Medidas y masas.
- UNE-EN 12517. Examen radiográfico de soldaduras.
- UNE-EN 1289. Inspección de soldaduras por líquidos penetrantes.
- UNE-EN 60534. Válvulas de regulación de procesos industriales.
- UNE-EN ISO 6520. Soldeo y procesos afines.
- UNE-EN 10259. Bandas y chapas de acero inoxidable.
- UNE-EN 1600. Consumibles para soldar acero inoxidable.
- UNE-EN ISO 1127. Tubos de acero inoxidable.
- UNE-EN ISO 3506. Elementos de unión en acero inoxidable.
- UNE-EN 12560. Bridas y juntas.

5.2. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.

5.2.1. CONDICIONES GENERALES PARA LOS MATERIALES.

Todos los materiales tendrán las condiciones técnicas que dictan las normas citadas en el subapartado “*referencias y normativas*” del presente apartado del pliego de condiciones.

Las características de los mismos serán las expresadas en los subapartados que siguen, pudiendo la dirección técnica desechar aquellos que a su juicio no las reúnan.

No podrán ser en ningún caso distintos en sus características a los tipos proyectados. Si hubiese que variar la clase de algunos inicialmente aprobados, los nuevos no podrán ser instalados sin la previa autorización de la dirección de obra, la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estime oportunas.

5.2.2. CONDICIONES PARA LAS TUBERÍAS Y TUBOS DE SERPENTINES.

Las tuberías serán de los diámetros especificados en el apartado correspondiente del “*anexo a la memoria*”. Serán de sección circular, de espesor uniforme y sin costuras.

Estarán exentas de fisuras, grietas, poros, deformaciones, impurezas o falta de homogeneidad, así como de otros defectos que pudieran disminuir su resistencia y apartar su comportamiento del esperado por sus características.

Los materiales utilizados en la fabricación de las tuberías deberán coincidir con los especificados en los correspondientes cálculos del “anexo a la memoria”.

5.2.3. CONDICIONES PARA LAS BRIDAS.

Las bridas serán de acero inoxidable AISI 304 o AISI 316 según corresponda. Sus diámetros serán los correspondientes a la línea en la que vayan a ser instaladas. Los espárragos de unión estarán en consonancia con lo marcado por la norma UNE-EN ISO 3506 sobre elementos de unión en acero inoxidable.

Estarán libres de defectos, irregularidades, rebabas, etc... que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso. Las bridas habrán de ser planas y paralelas, o presentar rigidez suficiente

contra deformaciones debida a la presión de los espárragos. Éstos habrán de apretarse en cruz con llave dinamométrica para controlar el par de apriete.

Los tornillos y tuercas poseerán las características necesarias para ser instalados. Los materiales serán los adecuados al tipo de brida, preservando siempre el deterioro de los tornillos antes de la brida.

5.2.4. CONDICIONES PARA LOS ACCESORIOS SOLDABLES.

Los accesorios para las tuberías (tes, codos, reducciones, etc...) serán de acero inoxidable AISI 304, AISI 316 o acero al carbono para soldar a tope o soldar a enchufe, según corresponda, siendo su diámetro el correspondiente a las líneas en las que vayan a ser instalados. Estarán libres de defectos, irregularidades, etc... que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

5.2.5. CONDICIONES PARA LAS JUNTAS.

Las juntas serán las adecuadas a las aplicaciones que se requieran. Estarán libres de defectos, irregularidades, etc... que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

5.2.6. CONDICIONES PARA LAS VÁLVULAS.

Las válvulas serán del tipo especificado en la memoria descriptiva o en su defecto del tipo que la dirección de obra estime más adecuado de cara a la línea y servicio en que vayan a ser instaladas.

Estarán libres de defectos, irregularidades, etc... que puedan dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso.

Durante su instalación se tendrán especial cuidado de alinear correctamente los extremos con la tubería en la que vayan a ser instaladas.

El apriete de los espárragos se hará con llave dinamométrica, previa introducción de las correspondientes juntas.

5.2.7. CONDICIONES PARA LAS SOLDADURAS.

En las partes de la instalación en que deban llevarse a cabo procesos de soldadura a tope, se instalarán durante el proceso de soldado anillos de protección, y se evitará en todo momento que penetren en el interior de las partes a soldar cascarillas y salpicaduras de soldadura.

La soldadura se hará mediante cordones finos, limpiando e inspeccionando después de cada cordón, evitando así que los defectos de un cordón puedan ser enmascarados con el siguiente. Los materiales de aporte serán siempre de calidad superior a la de los materiales soldados, en casos especiales podrán utilizarse materiales de aporte similares a los soldados siempre que se detalle en la memoria del presente proyecto.

Se someterán a inspecciones no destructivas, ya sea por líquidos penetrantes o radiografía, el 25% de las soldaduras que el ingeniero director considere vitales para las instalaciones. En caso de aparecer defectos o problemas se actuará según dicte el pliego de condiciones generales, o en su defecto según determine el ingeniero director de obra.

5.2.8. CONDICIONES DE LAS PLANCHAS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS EQUIPOS.

Las planchas a partir de las cuales se fabriquen los nuevos equipos previstos estarán fabricadas en los siguientes materiales:

- Baño de proceso. Acero Inoxidable AISI 304 o AISI 36 según corresponda.
- Intercambiador de calor de placas. Acero Inoxidable AISI 304.

Estarán libres de fisuras, poros, grietas, etc... que puedan disminuir sus resistencias o afectar a su comportamiento durante el funcionamiento dentro del proceso.

5.2.9. CONDICIONES PARA EL HORMIGÓN ARMADO.

El hormigón utilizado en la construcción de los cubetos de retención y en el apoyo de los baños de proceso debe poseer las características de resistencias adecuadas a este uso.

5.3. CONDICIONES PARA LOS EQUIPOS.

5.3.1. CONDICIONES PARA LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR Y SERPENTINES DE CALENTAMIENTO.

Las dimensiones de los intercambiadores, así como sus características geométricas (número de tubos, longitud, diámetro y espaciamiento de los mismos, número de pasos, etc...) serán los determinados en el “*anexo a la memoria*” o los aportados por los fabricantes específicos.

Tanto si son trasladados al lugar de emplazamiento totalmente montados, como si lo son por partes, el equipo o sus partes serán protegidos adecuadamente contra la lluvia, la suciedad, los golpes o las deformaciones.

Si desde que los equipos fueran recibidos desde el taller del fabricante hasta que fueran montados en el terreno hubiera de transcurrir un periodo de tiempo que la dirección técnica considerase razonablemente largo, serían almacenados bajo techado en un lugar seco, y se tomarían precauciones para que no sufrieran contaminación, oxidación excesiva, acumulación de humedad o suciedad, así como golpes o deterioros.

El ingeniero director supervisará los equipos antes de su montaje, comprobará su buen estado y podrá rechazarlos si observa anomalías que a su juicio puedan provocar dicho rechazo.

En el lugar de emplazamiento se habrá previsto el espacio suficiente para permitir la extracción del haz y los desmontajes de bridas y cabezales durante las paradas necesarias para las operaciones de mantenimiento.

Previa la puesta en marcha, se harán las comprobaciones y operaciones oportunas para garantizar la seguridad de los asistentes a dichas pruebas, así como la preservación de las instalaciones y equipos.

5.3.2. CONDICIONES PARA LAS BOMBAS.

Las bombas se suministrarán con la correspondiente bancada, sobre la que se montará el conjunto bomba – motor. La bancada estará constituida por perfiles y planchas de acero inoxidable AISI 304, dimensionada de forma que soporte los esfuerzos de arranque, y garantizará la estabilidad del conjunto bomba – motor.

Cada bomba será instalada dejando una pendiente para la evacuación de posibles derrames. Esta pendiente se dirigirá hacia el lado opuesto del motor y hacia lugares donde no causen daños importantes a las instalaciones o equipos.

El contratista presentará al ingeniero director los planos y memorias descriptivas de las bombas a emplear, acompañados de los correspondientes certificados de pruebas de sobrecarga, rodaje, etc... efectuadas en el taller del fabricante.

5.4. CONDICIONES SOBRE INSTALACIONES AUXILIARES

5.4.1. CONDICIONES SOBRE PINTURA Y PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

Todas las superficies exteriores de los equipos y tuberías recibirán, antes del pintado, el tratamiento de preparación siguiente:

- Limpieza con disolvente de las zonas excesivamente cargadas de grasa o aceites, o que durante el proceso de instalación y manipulación hayan quedado impregnadas de dichas sustancias o similares.
- Eliminación de depósitos de óxido muy voluminosos mediante limpieza manual o mecánica. Esto puede realizarse mediante lijado o cepillado en dos direcciones.
- Redondeado de aristas vivas y alisado mediante lijado de cordones y salpicaduras de soldadura.
- Protección de zonas y anexos que no vayan a ser recubiertos.
- Chorreado con abrasivos (granalla o arena silícea).
- Limpieza con aspirador o aire a presión de residuos abrasivos, polvo, y demás partículas extrañas y contaminantes.

Posteriormente, las superficies recibirán cuatro manos de pintura anticorrosión (pasivamente aniónica). Se controlará que, tras la capa definitiva, el espesor de la capa protectora de pintura sea suficiente para asegurarla preservación de los equipos.

5.4.2. CONDICIONES PARA LOS AISLAMIENTOS.

Los equipos de nueva instalación contemplados en el presente proyecto, así como las líneas cuyo aislamiento se prevé, con la excepción de las líneas de purga, irán calorifugadas con manta de lana de roca. Las mantas a utilizar no habrán tenido usos

anteriores. Asimismo, no presentarán cortes o deformaciones que, a juicio del ingeniero director, pudieran afectar a su capacidad aislante. Los espesores serán los definidos en el “anexo a la memoria”.

Las superficies a calorifugar habrán recibido su correspondiente pintado, tal y como se describe en el subapartado anterior, “*condiciones sobre pintura y preparación de superficies*”, del presente pliego de condiciones. Igualmente, si se encontrasen húmedas por el rocío o la lluvia, se dejarán secar antes de instalar el aislamiento. Si el pintado presenta desperfectos o suciedad adherida, se eliminarán antes de instalar el aislamiento. La pintura estará perfectamente seca. Con objeto de que el material aislante no se empape de agua o humedad, no se efectuará el montaje del calorifugado si las condiciones ambientales atmosféricas son de lluvia o excesiva humedad, debiendo posponerse el montaje hasta que las condiciones lo permitan.

El calorifugado se sujetará a los equipos y líneas mediante pletinas, alambres o tornillos de metal, o mediante otro sistema que el instalador crea adecuado, y que el ingeniero director estime eficaz.

5.4.3. CONDICIONES PARA LA INSTRUMENTACIÓN.

Las válvulas de control serán las adecuadas para las condiciones del proceso que se requieran y los aparatos destinados al control general de procesos de la planta deben ser probados antes de comenzar la utilización normal de la planta. Los instrumentos de control deben estar calibrados adecuadamente y deben seguir un programa específico de mantenimiento y calibración que asegure su buen funcionamiento y fiabilidad.

5.4.4. CONDICIONES DE LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS.

Se comprobará la tensión de los equipos. Los motores eléctricos deberán ser rodados de acuerdo con las instrucciones del fabricante, desconectados del equipo impulsor. Las instalaciones deben poseer las características necesarias que aseguren su correcto funcionamiento y garantizan la seguridad de las personas que en ella trabajan.

5.4.5. CONDICIONES DEL AGUA DE REFRIGERACIÓN.

El sistema debe de ser comprobado antes de la puesta en marcha, atendiendo a la disponibilidad, presión y libre circulación, deberá asegurarse la estanqueidad de las tuberías, válvulas, bridas, bomba y demás instalaciones donde se requiera el uso de agua de refrigeración.

5.4.6. CONDICIONES DEL AIRE PARA LA AGITACIÓN DE LOS BAÑOS DE PROCESO.

Los colectores deben ser limpiados para la eliminación de la posible suciedad. Toda red debe de ser comprobada a la presión de trabajo y verificar que no se producen fugas ni existen reflujos en toda línea de agitación.

5.4.7. CONDICIONES DEL SISTEMA DE REBOSE Y DESAGÜE.

Se comprobará que todos los drenajes y arquetas desalojan adecuadamente. Comprobar que no existen obturaciones en las líneas y que los cauces y tuberías habilitados al efecto están en perfectas condiciones para su uso. Se comprobará que todos los vertidos realizados a la red general de alcantarillado pasan a través de la planta depuradora.

5.4.8. CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS.

Se comprobará que todas las válvulas de seguridad estén instaladas correctamente, se realizarán las pruebas convenientes para garantizar el correcto funcionamiento. Se comprobará que todos los equipos cumplen las medidas de seguridad especificadas en las características técnicas y que tras la puesta en marcha no se producen situaciones anómalas que puedan desencadenar un fallo de los equipos.

Se procurará que el fallo de un equipo no ocasione una reacción en cadena de la planta y se asegurará en todo momento la integridad física de todo el personal que trabaja en la planta.

5.4.9. CONDICIONES DE LA OBRA CIVIL.

Las obras civiles serán realizadas según la normativa vigente en cuanto a edificación se refiere. Las obras serán verificadas por el ingeniero director así como los materiales empleados en ella, se comprobarán los hormigones y morteros empleados para la construcción de los cubetos de retención y las instalaciones auxiliares. Se realizará una inspección de resistencia de las losas de hormigón armado para los cubetos de retención y se verificarán que todas las instalaciones cumplen con las calidades exigidas en el presente proyecto.

6. SEGURIDAD E HIGIENE.

El presente apartado del pliego de condiciones tiene por objeto establecer, de forma muy general, las medidas que se deben seguir, desde el punto de vista de la seguridad y la higiene, una vez que la instalación se haya puesto en funcionamiento. Intentará marcar una serie de directrices que permitan evaluar los riesgos existentes en una instalación como la propuesta en el presente proyecto. Todo lo relativo a los trabajos de instalación y puesta en marcha de la materia de prevención debe ser aceptada y respaldada, desde la dirección a cada uno de los operarios que forman parte de la plantilla de la empresa.

6.1. OPERACIONES DE RIESGO.

Las operaciones de riesgos que conlleva el presente proyecto son:

- Equipos, maquinaria fija y herramientas.
- Manipulación y almacenamiento de productos químicos.
- Maquinaria móvil y vehículos.
- Manipulación de cargas.
- Trabajos en altura.
- Lugares y espacios de trabajos.
- Agentes físicos.
- Incendio y explosión.
- Electricidad.

6.1.1. EQUIPOS, MAQUINARIA FIJA Y HERRAMIENTAS.

Los posibles riesgos derivados de equipos, maquinaria fija y herramientas son los siguientes:

- Golpes por objeto o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Caída de objeto por manipulación.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Aplastamiento.
- Choques o golpes contra objetos móviles de las máquinas.
- Contacto eléctrico.
- Radiaciones.
- Quemaduras.
- Cortes o desgarros provocados por elementos móviles o aristas afiladas.

Para prevenir estos riesgos han de tenerse en cuenta las siguientes medidas preventivas:

- Usar las herramientas adecuadas para cada trabajo. Rechazar las herramientas en mal estado o defectuosas.
- Hacer uso de los equipos de protección individual.
- Mantener una buena coordinación, sobre todo en trabajos en equipos.
- Colaborar en el orden y limpieza de las zonas de trabajo.
- Los objetos móviles de las máquinas deben ir protegidos con defensas.
- Todas las máquinas deberán llevar dispositivos de parada de emergencia y aislamiento eléctrico.
- No se deberán utilizar alargaderas o herramientas que presenten hilos de corriente al descubierto o aislados de manera indebida.
- Los operarios han de estar debidamente formados en el uso de la maquinaria que utilicen.

Los equipos de protección adecuados son los siguientes:

- Chaquetas.
- Delantales.

- Manguitos de protección, para proteger los brazos contra la proyección de chispas.
- Guantes de protección frente al riesgo de la actividad que se esté realizando: riesgo mecánico, riesgo de abrasión...
- Polainas para evitar que las chispas entren en los zapatos.
- Cascos protectores.
- Pantallas y gafas de protección.
- Calzado de seguridad.

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, éstas llevarán en sello -CE- y serán adecuadas al riesgo que se trata de evitar.

Estas prendas deben ser resistentes a las llamas, asegurando una protección adecuada para soldar con arco o cortar cuando se realicen trabajos de corte y soldadura.

Para la protección de la vista se utilizan cristales que filtran los rayos del arco perjudiciales para la vista. Los cristales deben estar cortados a la medida de la careta y llevar delante un cristal normal o plástico para proteger de las proyecciones, y que debe sustituirse cuando la visión comienza a ser escasa. Los cristales se clasifican según la luminosidad según UNE-43156 y UNE-14701.

Se suelen emplear cortinas o pantallas para separar un lugar de trabajo de otro, y para evitar el peligro de deslumbramiento para las personas que pasen o trabajen cerca de la zona de trabajo de corte y/o soldadura.

En los procesos de limpieza de escoria se suelen usar la piqueta y el cepillo. La escoria del cordón de soldadura no se debe quitar en caliente pues existe el riesgo de proyecciones al ser picada. Por esta razón se deben usar gafas con protección lateral.

En caso de que un trabajador tenga que realizar algún trabajo en alturas superiores a dos metros deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado y arnés en vigencia de utilización (no caducados), con puntos de anclaje. Debe acreditar que ha recibido la formación suficiente por parte de sus mandos superiores para ser utilizado con criterio.

6.1.2. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS.

Existen una gran variedad de riesgos debido a la diversidad de productos químicos. Estos riesgos son los siguientes:

- Riesgos debidos a factores intrínsecos a las condiciones de empleo de los productos, a sus propiedades o reactividad química.
- Riesgos debidos a factores externos tales como inseguridad en su uso, fallos en las instalaciones o en la organización de los equipos.
- Un comportamiento humano inadecuado generado por el desconocimiento o la peligrosidad del producto y por la falta de formación para seguir procedimientos de trabajo seguro.

Se han de seguir una serie de pautas para que el uso de productos químicos sea una operación segura:

- Formar e informar al personal que va a trabajar en puestos donde se usan las sustancias químicas.
- Leer la información que se encuentra en las etiquetas identificativas de los recipientes con cuidado antes de usar su contenido para conocer los riesgos que se corren.
- Tener hábitos de higiene personal básicos (lavarse las manos, no tocarse los ojos, la boca o la nariz, lavar la ropa de trabajo separada, no fumar ni tomar bebidas alcohólicas en el lugar de trabajo, consumir alimentos en los lugares destinados para ello...).

- No quitar la etiqueta ni pasar el contenido del producto a otro envase en el que no se identifique su contenido.
- Utilizar equipos de protección individual.
- El trasvase de sustancias químicas se debe realizar limitando las operaciones manuales a las mínimas posibles y en lugares adecuados para ello.
- Elegir el recipiente adecuado para el trasvase (con resistencia química y física).
- Se debe usar el sistema de extracción localizada y trabajar en zonas ventiladas.
- Mantener siempre cerrado los recipientes y colocados su lugar de almacenamiento.
- No verter a la línea de red general disolventes o líquidos inflamables insolubles en agua, sustancias corrosivas sin neutralizar, etc... y en general, residuos que puedan contaminarla.

Los accidentes que pueden darse son ingestión de sustancias, lesiones superficiales, incendios, explosión... Es necesario tener disponible un listado de números de teléfono de urgencias para actuar con rapidez en caso de accidente, en donde debe figurar el número de teléfono de los bomberos, emergencias, seguridad social, información toxicológica...

Los equipos de protección a utilizar dependen de la naturaleza de la sustancia. De manera general es necesario:

- Uso de guantes resistentes a las sustancias químicas a manipular.
- Calzado adecuado (botas, zapatos cubiertos...).
- Ropa de trabajo adecuada (delantales, batas, monos...).
- Gafas de seguridad.
- Mascarillas.

6.1.3. MAQUINARIA MÓVIL Y VEHÍCULOS.

Los riesgos derivados del uso de maquinaria móvil (grúas...) y vehículos son los siguientes:

- Atropellos, golpes o choques contra la máquina o vehículo.
- Atrapamiento por vuelco de la maquinaria o vehículo.
- Atrapamiento por las partes móviles de las máquinas.
- Impacto con partes móviles de las máquinas.
- Desprendimiento de cargas suspendidas.

Se deben llevar a cabo las siguientes medidas preventivas:

- Nunca deben situarse debajo de la carga que se esté transportando, aunque esté parada. Se evitará el paso de personas bajo las cargas suspendidas; en todo caso se acotarán las áreas de trabajo bajo las cargas citadas.
- Debe comprobarse y asegurarse de la colocación de la carga, el peso y el volumen de la misma antes de su traslado, sin trasladar cantidades máximas aconsejadas por la máquina.
- Situarse en zonas seguras tanto los peatones (por zonas peatonales) como los vehículos (por zonas acotadas a la circulación).
- El conductor de la máquina debe extremar prudencia y poner máxima atención en lo que le rodea, respetar las señales y usar señales sonoras cuando la máquina se encuentre funcionando.
- Debe realizarse y comprobarse el buen estado de las máquinas mediante un correcto mantenimiento.
- Toda la maquinaria utilizada durante la obra dispondrá de carcasas de protección y resguardos sobre las partes móviles, especialmente de las transmisiones que impidan el acceso involuntario de personas u objetos a dichos mecanismos, para evitar el riesgo de atrapamiento o impacto de objetos impulsados por dichas partes móviles.

- Formación específica de los conductores y manipuladores de las máquinas y vehículos correspondientes.
- Colocar la máquina en terreno llano.
- Bloquear las ruedas o las cadenas.
- Apoyar en el terreno el equipo articulado. Si por causa de fuerza mayor ha de mantenerse levantado, deberá inmovilizarse adecuadamente.
- Desconectar la batería para impedir un arranque súbito de la máquina.
- No permanecer entre las ruedas, sobre las cadenas, bajo la cuchara o el brazo.
- No colocar nunca una pieza metálica encima de los bornes de la batería.
- No utilizar nunca un mechero o cerillas para iluminar el interior del motor.
- Disponer en buen estado de funcionamiento y conocer el manejo del extintor.
- Conservar la máquina en un estado de limpieza aceptable.
- No dejar cargas suspendidas al acabar los trabajos.

Las medidas de protección individual a utilizar son:

- Casco de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Calzado de seguridad.
- Cinturón de seguridad dentro del vehículo o la máquina.
- Pantallas protectoras.

6.1.4. MANIPULACIÓN DE CARGAS.

- ✓ Manipulación manual de cargas.

Los riesgos derivados de la manipulación manual de cargas son los siguientes:

- Riesgos de lesiones musculares debidas a cargas.
- Riesgos de lesiones musculares debidas a malos procedimientos de trabajo.
- Caídas de las cargas sobre las personas que las transportan o sobre las que las rodean.
- Caídas producidas por el abandono de las cargas en lugares inadecuados.

Las medidas a tomar en estos casos de levantamiento manual de cargas son las siguientes:

- No se manipularán manualmente por un solo trabajador cargas de más de 25 Kg.
- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.
- Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible. El esfuerzo de levantar el peso lo deben realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible al cuerpo, debiendo evitarse los giros de cintura.

Para el manejo de cargas largas por una solo persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.

Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar posibles aristas afiladas.

De la misma forma, es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios trabajadores, para aportar el esfuerzo al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición que sea conocido o convenido por el equipo.

Los equipos de protección individual en la manipulación manual de cargas son las siguientes:

- Cinturón lumbar.
 - Guantes de seguridad.
 - Calzado de seguridad.
- ✓ Manipulación de cargas mediante medios mecánicos.

Los riesgos de la manipulación de cargas mediante aparatos elevadores son los siguientes:

- Caídas de las cargas sobre las personas o instalaciones.
- Golpes provocados por las cargas en movimiento.

En todas aquellas operaciones que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que pueda elevarse mediante el aparato elevador utilizado.
- Acoplar adecuados pestillos de seguridad a los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.

- Emplear para la elevación de materiales recipientes adecuados que los contengan, o se sujeten las cargas de forma que se imposibilite el desprendimiento parcial o total de las mismas.
- De utilizar cadenas, éstas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 veces la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores adecuados.
- El gruista antes de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de la grúa. Si durante el funcionamiento de la grúa se observara inversión de los movimientos, se dejará de trabajar y se dará cuenta inmediatamente a la dirección técnica de la obra.
- No dejar cargas suspendidas al acabar los trabajos.

6.1.5. LUGARES Y ESPACIOS DE TRABAJO.

En el lugar de trabajo se debe evitar la falta de limpieza y el desorden. El desorden y la falta de limpieza no surgen de repente, sino que esta situación se va desarrollando poco a poco. Es un riesgo importante ya que pueden ser origen de otros riesgos tal como:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Pisada sobre objetos.
- Choque contra objetos inmóviles.
- Incendio y explosiones por acumulación de sustancias incompatibles.

Asimismo, la falta de orden y limpieza provoca otras consecuencias como son:

- Deterioro de herramientas y del material de trabajo.
- Bajo rendimiento de cada trabajador al realizar su tarea y un empeoramiento de la calidad y de las condiciones de trabajo.

Para prevenir estos riesgos es necesario:

- Mantener la zona de trabajo limpia de material innecesario.
- Guardar los materiales y herramientas en el interior de cajas y en los lugares ó áreas destinados a ellos después de la jornada de trabajo.
- Evitar dejar piezas o materiales alrededor de las máquinas. Deben colocarse en lugar seguro.
- Recoger cualquier objeto que pueda ocasionar un accidente. No dejar herramientas ni materiales en las zonas de tránsito ni obstaculizar las salidas de emergencia, ni acceso a elementos contraincendios.
- Limpiar los derrames de los líquidos.

6.1.6. AGENTES FÍSICOS.

Los agentes físicos a los que se está expuesto son:

- Exposición a temperatura extremas.
- Exposición a ruidos.
- Exposición a vibraciones.
- Iluminación inadecuada.
- Radiación.

Los métodos de prevención son los siguientes:

- Temperatura → debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.
- Ante situaciones de frío es conveniente abrigarse. Ante los primeros síntomas de hipotermia es vital: buscar alimentos, calor y refugio.
- Evitar estar bajo el sol durante horas de más calor y durante periodos prolongados. Beber abundante agua.

- Factores atmosféricos: deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y su salud.
- Todos los equipos que generen vibraciones deben tener un mantenimiento adecuado.
- Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación de obras deberán disponer de suficiente iluminación natural (si es posible) y de una iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando la natural no sea suficiente.
- Utilizar los EPIs adecuados cuando se utilizan equipos que emitan radiaciones.

Los equipos de protección a utilizar son:

- Ropa de trabajo adecuada.
- Protectores auditivos (tapones o auriculares).
- Guantes.
- Calzado (con suela de goma para evitar las vibraciones).
- Equipos antivibración.

6.1.7. INCENDIO Y EXPLOSIÓN.

Los riesgos ocasionados por los incendios y explosiones son los siguientes:

- Quemaduras.
- Intoxicación o asfixia.
- Golpes con objetos despedidos en las explosiones.

Para prevenir los incendios deben tenerse en consideración las siguientes normas básicas:

- Mantener el orden y la limpieza del lugar de trabajo.
 - No fumar en los lugares en los que esté expresamente prohibido.

 - No colocar cerca de una fuente de calor productos o materiales que puedan arder fácilmente.
 - Manejar con cuidado los productos inflamables.
 - No sobrecargar las líneas eléctricas.
- ✓ DetECCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Según las características de la obra y las dimensiones y usos de los locales y los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y del número de personas que puedan hallarse presente, se dispondrá de un número suficiente de dispositivos contra incendios y, si fuera necesario detectores y sistemas de alarma. Dichos dispositivos deberán revisarse y mantenerse con regularidad. Deberán realizarse periódicamente pruebas y ejercicios adecuados.

✓ VÍAS Y SALIDAS DE EMERGENCIA.

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

Las vías y salidas específicas deberán señalizarse conforme al Real Decreto 485/97. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.

Las vías y salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto para que puedan ser utilizadas sin trabas en todo momento.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías de salida y emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad de la suficiente intensidad.

6.1.8. TRABAJOS EN ALTURA.

Los riesgos derivados de los trabajos en altura son los siguientes:

- Caídas a distinto nivel de personas.
- Caídas de objetos sobre personas.
- Golpes o colisiones contra andamios o estructuras.

Las condiciones de seguridad que deben reunir los equipos auxiliares para los trabajos en altura son las siguientes:

- Los andamios deberán proyectarse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.
- Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:
 - Antes de su puesta en servicio.
 - A intervalos regulares en lo sucesivo.
 - Después de cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

- Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.
- Las escaleras de mano deberán cumplir las condiciones de diseño y utilización señaladas en el Real Decreto 486/97, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Los equipos de protección individual y colectiva usados serán:

- Redes de seguridad.
- Barandillas adecuadas.
- Arnés de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Casco de seguridad.

6.1.9. ELECTRICIDAD.

Las características de la electricidad obligan a tomar en consideración importantes medios de seguridad por ser ésta muy peligrosa. Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Las medidas preventivas que se seguirán para evitar los riesgos derivados del contacto con líneas eléctricas serán las siguientes:

- Evitar el contacto con todo tipo de fuentes que estén indebidamente aisladas o presentes deterioros que puedan producir la derivación de la corriente eléctrica.
- Utilizar los elementos de protección adecuados.
- Desconectar el equipo si se interrumpe el trabajo evitando así una descarga accidental de corriente, un sobrecalentamiento y riesgo de incendio.

- Mantener seco el equipo de trabajo (ropa, cables, zona de trabajo, etc...)
- Las máquinas de soldar y las herramientas eléctricas dispondrán de separadores de circuito.
- La manipulación de instalaciones eléctricas debe realizarse por trabajadores cualificados.

En caso de accidente por contacto con la corriente eléctrica las medidas a tomar, en general, serán las siguientes:

- Cortar la corriente eléctrica o, si no fuera posible, separar a la víctima empleando para ello material aislante que evite el contacto directo con el accidentado. Si después de cortada la corriente la víctima no ha perdido la consciencia, y respira con normalidad, se llevará al médico a la menor brevedad posible; si el accidentado está inconsciente y la respiración es muy débil o inexistente, se realizará respiración artificial a la espera de la llegada de los servicios médicos correspondientes.

Los equipos de protección individual utilizados serán:

- Calzado aislante.
- Guantes aislantes.
- Herramientas con la debida protección aislante.

6.1.10. LEGISLACIÓN APLICABLE.

- Ley de prevención de riesgos laborales, Ley 31/95 de 8 de Noviembre de 1995.
- Reglamentos de los servicios de prevención, R.D. 39/97 de 7 de Enero de 1997.

- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, R.D. 485/97 de 14 de Abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, R.D. 486/97 de 14 de Abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, R.D. 487/97 de 14 de Abril de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, R.D. 773/97 de 30 de Mayo de 1997.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, R.D. 1215/97 de 18 de Julio de 1997.
- Ordenanza general de higiene y seguridad en el trabajo, O.M. de 9 de Marzo de 1971 y O.M. de 31 de Enero de 1940.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión, R.D. 2413 de 20 de Septiembre de 1971.

6.1.11. NORMATIVA.

- Norma UNE – 81 002 85. Protectores auditivos. Tipos y definiciones.
- Norma UNE – 81 101 85. Equipos de protección de la visión. Terminología. Clasificación y uso.
- Norma UNE – 81 200 77. Equipos de protección personal de las vías respiratorias. Definición y clasificación.
- Norma UNE – 81 208 77. Filtros mecánicos. Clasificación. Características y requisitos.
- Norma UNE – 81 250 80. Guantes de protección. Definiciones y clasificación.
- Norma UNE – 81 353 80. Cinturones de seguridad. Clase A: cinturón de sujeción. Características y ensayos.

PRESUPUESTO.

Índice.

1. BAÑO DE DESENGRASE ALCALINO.....	2
2. BAÑO DE DESOXIDADO.....	5
3. BAÑOS DE ENJUAGUE.....	7
4. BAÑO DE ANODIZADO CRÓMICO.....	9
5. BAÑO DE SELLADO.....	13
6. EQUIPO DE CALENTAMIENTO.....	16
7. RECTIFICADOR DE CORRIENTE.....	19
8. EXTRACCIÓN DE GASES.....	20
9. SISTEMA DE AGITACIÓN.....	22
10. EQUIPO DE AGUA DESMINERALIZADA.....	23
11. DEPURADORA.....	24
12. PUENTE GRÚA.....	26
13. OBRA CIVIL.....	27
14. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	30

CAPÍTULO 1. BAÑO DE DESENGRASE ALCALINO.

En el presente capítulo, se definirán todos los elementos necesarios para la fabricación del baño de desengrase alcalino.

1.1. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor para la fabricación del baño, con soldaduras del mismo material y perfiles IPN 80 de acero inoxidable AISI 304 para utilizarlo como refuerzo del baño. Este precio se calculó en el apartado “Cálculos” del presente proyecto. En el precio está incluida la mano de obra y las soldaduras (30%).

Chapa de 3 mm y perfiles IPN 80, ambos de acero inoxidable AISI 304 + 30%	22321,519 €
--	--------------------

1.2. Tubería del serpentín de calentamiento de acero inoxidable AISI 304 de 50,8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor. Se incluirán los accesorios, dos válvulas de bola de acero inoxidable 304 de 50,8 mm de diámetro y la completa instalación (20%):

Longitud (m)	32
Precio Unitario (€/m)	15,20
Precio accesorios (€)	14
Precio total (€)+ 20%	600,48

1.3. Aislante térmico de lana de roca de un espesor de 80 mm, con una densidad de 145 Kg/m³, con excelentes prestaciones al aislamiento térmico y prevención contra el fuego. Dicha reacción al fuego está clasificado como M – O (no combustible). Se caracteriza también por su resistencia a altas temperaturas, por ser químicamente inerte y no estar provisto de CFC respetando, de esta forma el medio ambiente. Se incluirá un 20% de mano de obra.

Precio de Lana de Roca (€/m²)	7
Lana total (m²)	61,4
Precio total (€) + 20%	515,76

1.4. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor para el recubrimiento de la lana de roca, de forma que ésta no sufra ningún deterioro. En el precio está incluida un 30% de la mano de obra. Se calculará de la misma forma que para la chapa necesaria para la construcción del baño, teniendo en cuenta el área del baño, el espesor de la chapa, la densidad del acero y el precio unitario de la chapa.

Área del baño (m²)	61,4
Espesor (m)	0,001
Densidad (Kg/m³)	8060
Peso de la chapa (Kg)	494,88
Precio Chapa (€/Kg)	4,12
Precio de la chapa total (€) + 30%	2650,6

1.5. Tubería de PVC de 1" de diámetro para el llenado del baño a través de la red de agua desmineralizada, incluyendo los accesorios necesarios, tres codos de PVC de 90° y una válvula de bola de 1" de diámetro de PVC y la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	5
Precio unitario (€/m)	1,5
Precio de los accesorios (€)	5
Precio de la tubería total (€) + 20%	15

1.6. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 3" de diámetro nominal para el vaciado de los baños. Se incluirá una brida del mismo diámetro y material, una válvula de bola y una reducción 3" x 2", junto con la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	0,3
Precio unitario (€/m)	17
Precio de los accesorios (€)	9
Precio de la tubería total (€) + 20%	16,9

1.7. Tubería de PVC de 1^{1/2} " de diámetro nominal para el sistema de agitación de los baños. Irá incluido los 6 codos de PVC de 90°, 1 té, una válvula de corte de flujo y una válvula antirretorno. En cuanto a la mano de obra de la instalación se incrementará un 20%.

Longitud de tubería (m)	26
Precio unitario (€/m)	1,8
Precio de los accesorios (€)	10
Precio de la tubería total (€) + 20%	68,16

El precio del baño de desengrase alcalino asciende en total a.....26188, 4 €

CAPÍTULO 2. BAÑO DE DESOXIDADO.

En dicho capítulo se describirán los precios que corresponden al baño de desoxidado.

2.1. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor para la fabricación del baño, con soldaduras del mismo material y perfiles IPN 80 de acero inoxidable AISI 304 para utilizarlo como refuerzo del baño. Este precio se calculó en el apartado “Cálculos” del presente proyecto. En el precio está incluida la mano de obra y las soldaduras (30%).

Chapa de 3 mm y perfiles IPN 80, ambos de acero inoxidable AISI 304 + 30%	22321,519 €
--	--------------------

2.2. Tubería de PVC de 1" de diámetro para el llenado del baño a través de la red de agua desmineralizada, incluyendo los accesorios necesarios, tres codos de PVC de 90° y una válvula de bola de 1" de diámetro de PVC y la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	5
Precio unitario (€/m)	1,5
Precio de los accesorios (€)	5
Precio de la tubería total (€) + 20%	15

2.3. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 3" de diámetro nominal para el vaciado de los baños. Se incluirá una brida del mismo diámetro y material, una válvula de bola y una reducción 3" x 2", junto con la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	0,3
Precio unitario (€/m)	17
Precio de los accesorios (€)	9
Precio de la tubería total (€) + 20%	16,9

2.4. Tubería de PVC de 1^{1/2} " de diámetro nominal para el sistema de agitación de los baños. Irá incluido los 6 codos de PVC de 90°, 1 té, una válvula de corte de flujo y una válvula antirretorno. En cuanto a la mano de obra de la instalación se incrementará un 20%.

Longitud de tubería (m)	26
Precio unitario (€/m)	1,8
Precio de los accesorios (€)	10
Precio de la tubería total (€) + 20%	68,16

El precio del baño de desoxidado asciende en total a.....22421,6 €

CAPÍTULO 3. BAÑO DE ENJUAGUE.

En este capítulo se calculará el presupuesto del baño de enjuague. El precio obtenido se multiplicará por 4 debido a que son 4 los baños de enjuague que componen la cadena de proceso.

3.1. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor para la fabricación del baño, con soldaduras del mismo material y perfiles IPN 80 de acero inoxidable AISI 304 para utilizarlo como refuerzo del baño. Este precio se calculó en el apartado “Cálculos” del presente proyecto. En el precio está incluida la mano de obra y las soldaduras de la instalación (30%).

Chapa de 3 mm y perfiles IPN 80, ambos de acero inoxidable AISI 304 + 30%	22321,519 €
--	--------------------

3.2. Tubería de PVC de 1" de diámetro para el llenado del baño a través de la red de agua desmineralizada, incluyendo los accesorios necesarios, tres codos de PVC de 90° y una válvula de bola de 1" de diámetro de PVC y la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	5
Precio unitario (€/m)	1,5
Precio de los accesorios (€)	5
Precio de la tubería total (€) + 20%	15

3.3. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 3" de diámetro nominal para el vaciado de los baños. Se incluirá una brida del mismo diámetro y material, una válvula de bola y una reducción 3" x 2", junto con la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	0,3
Precio unitario (€/m)	17
Precio de los accesorios (€)	9
Precio de la tubería total (€) + 20%	16,9

3.4. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 2" de diámetro nominal para el rebosadero del baño. La mano de obra incrementará un 20% el precio.

Longitud de tubería (m)	3
Precio unitario (€/m)	16,10
Precio de la tubería total (€) + 20%	57,9

El precio del baño de enjuague asciende a **22411,3 €**. Al haber 5 baños de enjuague, el precio total es **112056,5 €**.

CAPÍTULO 4. BAÑO DE ANODIZADO CRÓMICO.

Se calculará el presupuesto que conlleva la realización del baño de anodizado crómico.

4.1. Chapa de acero inoxidable AISI 316 de 3 mm de espesor para la fabricación del baño, con soldaduras del mismo material y perfiles IPN 80 de acero inoxidable AISI 316 para utilizarlo como refuerzo del baño. Este precio se calculó en el apartado de “Cálculos” del presente proyecto. En el precio se incluirá la mano de obra y las soldaduras de la instalación (30%).

Chapa de 3 mm y perfiles IPN 80, ambos de acero inoxidable AISI 316 + 30%	27406,77 €
--	-------------------

4.2. Tubería del serpentín de calentamiento de acero inoxidable AISI 304 de 50,8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor. Se van a incluir los accesorios, dos válvulas de bola de acero inoxidable 304 de 50,8 mm de diámetro y la completa instalación (20%):

Longitud (m)	8,4
Precio Unitario (€/m)	15,20
Precio accesorios (€)	14
Precio total (€)+ 20%	170,02

4.3. Aislante térmico de lana de roca de un espesor de 80 mm, con una densidad de 145 Kg/m³, con excelentes prestaciones al aislamiento térmico y prevención contra el fuego. Dicha reacción al fuego está clasificado como M – O (no combustible). Se caracteriza también por su resistencia a altas temperaturas, por ser químicamente inerte y no estar provisto de CFC respetando, de esta forma el medio ambiente. Se incluirá un 20% de mano de obra de la instalación.

Precio de Lana de Roca (€/m²)	7
Lana total (m²)	61,4
Precio total (€) + 20%	515,76

4.4. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor para el recubrimiento de la lana de roca, de forma que ésta no sufra ningún deterioro. En el precio está incluida un 30% de la mano de obra. Se calculará el precio de la misma forma que para la chapa necesaria para la construcción del baño, teniendo en cuenta el área del baño, el espesor de la chapa, la densidad del acero y el precio unitario de la chapa.

Área del baño (m²)	61,4
Espesor (m)	0,001
Densidad (Kg/m³)	8060
Peso de la chapa (Kg)	494,88
Precio Chapa (€/Kg)	4,12
Precio de la chapa total (€) + 30%	2650,6

4.5. Chapa plegada de 2 mm de espesor de titanio que se usará como cátodo en el baño de anodizado crómico. Se incrementará un 20% debido a la mano de obra de la instalación del titanio en el baño.

Área de la chapa de titanio (m²)	8,5
Precio unitario (€/m²)	62
Precio de la chapa total (€) + 20%	632,4

4.6. Tubería de PVC de 1" de diámetro para el llenado del baño a través de la red de agua desmineralizada, incluyendo los accesorios necesarios, tres codos de PVC de 90° y una válvula de bola de 1" de diámetro de PVC y la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	5
Precio unitario (€/m)	1,5
Precio de los accesorios (€)	5
Precio de la tubería total (€) + 20%	15

4.7. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 3" de diámetro nominal para el vaciado de los baños. Se incluirá una brida del mismo diámetro y material, una válvula de bola y una reducción 3" x 2", junto con la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	0,3
Precio unitario (€/m)	17
Precio de los accesorios (€)	9
Precio de la tubería total (€) + 20%	16,9

4.8. Tubería de PVC de 1^{1/2} " de diámetro nominal para el sistema de agitación de los baños. Irá incluido los 6 codos de PVC de 90°, 1 té, una válvula de corte de flujo y una válvula antirretorno. La mano de obra de la instalación incrementará un 20% el precio.

Longitud de tubería (m)	26
Precio unitario (€/m)	1,8
Precio de los accesorios (€)	10
Precio de la tubería total (€) + 20%	68,16

El precio de la instalación del baño de anodizado cromo son.....31475,6 €.

CAPÍTULO 5. BAÑO DE SELLADO.

En este capítulo se calculará el precio del último de los baños que forman la línea de proceso de anodizado crómico.

5.1. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 3 mm de espesor para la fabricación del baño, con soldaduras del mismo material y perfiles IPN 80 de acero inoxidable AISI 304 para utilizarlo como refuerzo del baño. Este precio se calculó en el apartado “Cálculos” del presente proyecto. En el precio está incluida la mano de obra y las soldaduras (30%).

Chapa de 3 mm y perfiles IPN 80, ambos de acero inoxidable AISI 304 + 30%	22321,519 €
--	--------------------

5.2. Tubería del serpentín de calentamiento de acero inoxidable AISI 304 de 50,8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor. Se incluirán los accesorios, dos válvulas de bola de acero inoxidable 304 de 50,8 mm de diámetro y la completa instalación (20%):

Longitud (m)	113
Precio Unitario (€/m)	15,20
Precio accesorios (€)	14
Precio total (€)+ 20%	2077,92

5.3. Aislante térmico de lana de roca de un espesor de 80 mm, con una densidad de 145 Kg/m³, con excelentes prestaciones al aislamiento térmico y prevención contra el fuego. Dicha reacción al fuego está clasificado como M – O (no combustible). Se caracteriza también por su resistencia a altas temperaturas, por ser químicamente inerte y no estar provisto de CFC respetando, de esta forma el medio ambiente. Se incluirá un 20% de mano de obra.

Precio de Lana de Roca (€/m²)	7
Lana total (m²)	61,4
Precio total (€) + 20%	515,76

5.4. Chapa de acero inoxidable AISI 304 de 1 mm de espesor para el recubrimiento de la lana de roca, de forma que ésta no sufra ningún deterioro. En el precio está incluida un 30% de la mano de obra. Se calculará de la misma forma que para la chapa necesaria para la construcción del baño, teniendo en cuenta el área del baño, el espesor de la chapa, la densidad del acero y el precio unitario de la chapa.

Área del baño (m²)	61,4
Espesor (m)	0,001
Densidad (Kg/m³)	8060
Peso de la chapa (Kg)	494,88
Precio Chapa (€/Kg)	4,12
Precio de la chapa total (€) + 30%	2650,6

5.5. Tubería de PVC de 1" de diámetro para el llenado del baño a través de la red de agua desmineralizada, incluyendo los accesorios necesarios, tres codos de PVC de 90° y una válvula de bola de 1" de diámetro de PVC y la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	5
Precio unitario (€/m)	1,5
Precio de los accesorios (€)	5
Precio de la tubería total (€) + 20%	15

5.6. Tubería de acero inoxidable AISI 304 de 3" de diámetro nominal para el vaciado de los baños. Se incluirá una brida del mismo diámetro y material, una válvula de bola y una reducción 3" x 2", junto con la mano de obra de la instalación (20%).

Longitud de tubería (m)	0,3
Precio unitario (€/m)	17
Precio de los accesorios (€)	9
Precio de la tubería total (€) + 20%	16,9

5.7. Tubería de PVC de 1^{1/2} " de diámetro nominal para el sistema de agitación de los baños. Irá incluido los 6 codos de PVC de 90°, 1 té, una válvula de corte de flujo y una válvula antirretorno. En cuanto a la mano de obra de la instalación se incrementará un 20%.

Longitud de tubería (m)	26
Precio unitario (€/m)	1,8
Precio de los accesorios (€)	10
Precio de la tubería total (€) + 20%	68,16

El precio del baño de sellado asciende en total a.....27665,7 €.

CAPÍTULO 6. EQUIPO DE CALENTAMIENTO.

Dentro de este capítulo se describirán los elementos necesarios para disponer del sistema de calentamiento para la planta de proceso.

6.1. Caldera de aceite térmico de 1395 KW para calefacción por combustibles convencionales (líquidos o gaseosos). La caldera contiene un cuadro de regulación y control, termostatos de regulación y seguridad, colector, red de tuberías de acero y válvulas de corte. Se incluirá un 20% de mano de obra.

Caldera de aceite térmico (€)	62456
Tubería acero inoxidable AISI 304 de 50,8 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor (€/m)	15,20
Longitud tubería (m)	62
Válvula de corte de 50,8 mm	7
Precio total (€) + 20%	76086,48

6.2. Serpentin interior fabricado con tubería de acero estirado sin soldadura de 50 metros de longitud.

Precio tubería acero estirado (€)	9254
--	-------------

6.3. Chimenea aislada de calefacción de pared lisa de 400 mm de diámetro inferior, fabricada en acero inoxidable en su totalidad y sombrerete de protección. Se incluirá un 20% correspondiente a la mano de obra de la instalación.

Chimenea (€)	2155
Precio total (€) + 20%	2586

6.4. Depósito de gas natural de 1000 litros de capacidad de chapa de acero, imprimación de 350 micras de poliuretano, canalización hasta quemador con tubería de cobre protegido con PCV de 20 mm, tubería de ventilación, accesorios, válvulas y capas epoxi. Dispondrá de sirena avisadora como medida de seguridad. Se incluirá 25% de mano de obra.

Depósito gas natural (€)	2755
Válvula de presión (€)	35
15 metros de tubería de PVC 20 mm de diámetro (€)	15
15 metros de tubería de cobre 14 mm de diámetro (€)	30
Sirena avisadora (€)	165
Precio total (€) + 25%	3750

6.5. Grupo de electrobomba reversible de 65 m³/h para la impulsión del fluido térmico. Se incluirán las tuberías y accesorios de acero galvanizado de 1" de diámetro y en la mano de obra se incluirá el conexionado eléctrico y la instalación.

Grupo electrobomba (€)	2890
Tubería de acero galvanizado, 25 mm de diámetro nominal (€)	18
Válvula de retención de 1" acero galvanizado (€)	11
Precio total (€) + 25%	3648,75

6.6. Fluido térmico para el funcionamiento de la instalación de calentamiento. La caldera utilizada tiene una capacidad de 641 litros de fluido térmico.

Aceite térmico (€/l)	2,85
Precio total (€)	1826,85

6.7. Instalación eléctrica para el sistema.

Unidad de instalación (€)	1600
----------------------------------	-------------

6.8. Regulador automático de temperatura, 4 válvulas para regulación automática de temperatura, fabricada en fundición, con motor eléctrico para apertura y cierre. Contiene 4 sondas de temperatura. Instalación incluida.

Regulador automático de temperatura (€/unidad)	180
Precio total (€)	720

El precio total del equipo de calentamiento asciende a99472,1 €

CAPÍTULO 7. RECTIFICADOR DE CORRIENTE.

El proceso que ocurre en el baño de anodizado crómico es un proceso electrolítico por lo que hay que disponer de un equipo de rectificación de corriente.

7.1. Rectificador de corriente con una intensidad de 1000 A y hasta 25 V de tensión máxima. Capacidad de regulación de tensión de 0,2 V. Se incluirá la mano de obra de la instalación, la puesta en marcha y la conexión con el baño de anodizado crómico (30%).

Rectificador de corriente (€)	15000
Precio total (€) + 30%	19500

El precio del equipo rectificador de corriente asciende a19500 €.

CAPÍTULO 8. EXTRACCIÓN DE GASES.

El equipo de extracción de gases constará de una columna absorbidora de gases, del propio equipo extractor y de la conducción por la que se desplazarán los gases al ser absorbidos.

8.1. Columna absorbidora de gases capaz de depurar los gases provenientes de los baños. Construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio de 25 m³ de capacidad. Constará de un lecho fijo con relleno con un mecanismo a contracorriente. El absorbedor opera a una potencia de 400/600 CV.

Columna absorbidora (€)	46365
--------------------------------	--------------

8.2. Equipo de extracción de gases capaz de aspirar un caudal de 120000 m³/h y vencer una pérdida de carga de 300 mm.c.a. Construido en poliéster y con aspas en acero inoxidable AISI 316.

Equipo de extracción de gases (€)	19375
--	--------------

8.3. Conducción de acero inoxidable AISI 316 de diámetros desde 1050 a 610 mm a través de la cual se desplazan los gases hasta la columna absorbidora. Se incluirán los accesorios (1 codo de 90°, 7 tes y 4 cambios de sección) y la mano de obra (20%).

Longitud de tubería (m)	98
Precio unitario (€/m)	64
Precio de los accesorios (€)	16
Precio de la tubería total (€) + 20%	7545,6

**El precio del equipo completo para la extracción de los gases de los baños
asciende a 73285,6 €.**

CAPÍTULO 9. SISTEMA DE AGITACIÓN.

Para el sistema de agitación habrá que tener en cuenta las dos soplantes que componen el sistema, la tubería a través de la cual circula el aire y los accesorios.

9.1. Soplantes de 288 m³/h de caudal con 900 mbar de presión fabricada en acero inoxidable AISI 304. Se necesitan 2 soplantes para cubrir las necesidades del proceso.

Soplante (€)	2895
Precio total (€)	5790

9.2. Tubería de PVC de 1^{1/2} " de diámetro nominal para el sistema de agitación de los baños. Irá incluido los 4 codos de PVC de 90°, 2 tés y los filtros para las soplantes. En cuanto a la mano de obra de la instalación se incrementará un 20%.

Longitud de tubería (m)	15
Precio unitario (€/m)	1,8
Precio de los accesorios (€)	25
Precio de la tubería total (€) + 20%	62,4

El precio del equipo de agitación son.....5852,4 €.

CAPÍTULO 10. EQUIPO DE AGUA DESMINERALIZADA.

En este capítulo se tratará el precio del equipo de agua desmineralizada utilizada para el llenado de los baños de proceso.

10.1. Pretratamiento de la planta formado por un depósito de polietileno de 700 litros, un filtro de doble malla, un grupo de presión, un lecho de carbón activo y un descalcificador dúplex de resina de intercambio iónico. Incluidos accesorios y válvulas.

Equipo pretratamiento (€)	4225
----------------------------------	-------------

10.2. Equipo de ósmosis inversa.

Equipo ósmosis inversa (€)	15269
-----------------------------------	--------------

10.3. Equipo de agua desmineralizada compuesta por un filtro de carbón activo. En el precio del equipo se incluye la mano de obra y el montaje.

Equipo agua desmineralizada (€)	46534
--	--------------

El precio total del equipo de agua desmineralizada asciende a66028 €.

CAPÍTULO 11. DEPURADORA.

En este capítulo se verán los distintos componentes necesarios para la planta depuradora.

11.1. Depósito de 350 litros de capacidad que va a contener la solución proveniente del reactor. Conectado a este depósito se encuentra un depósito de 320 Kg de capacidad de floculante. Incluida la bomba impulsora, las tuberías, la cinta transportadora de lodos y los accesorios. Se instalarán dos plantas depuradoras con lo que tendremos dos depósitos.

Conjunto de depuración (€)	2375
Precio total de ambos conjuntos (€)	4750

11.2. Reactor de 5000 litros donde llegan las soluciones de los baños. Dispone de un sistema de agitación por aspas, válvulas, bomba y conducciones. Todo incluido. Se colocará un reactor conectado a ambos equipos de depuración.

Reactor (€)	32846
--------------------	--------------

11.3. Soluciones neutralizadoras, formadas por hidróxido sódico y ácido clorhídrico, almacenadas por separado en dos contenedores de 1000 litros. Incluidas tuberías y accesorios.

Contenedor de solución neutralizadora(€)	3746
Precio total (€)	7492

11.4. Depósito de recogida de lodos producidos en la depuradora.

Depósito recogida lodos (€)	480
Precio total (€)	960

El precio total de la planta de depuración son.....46048 €.

CAPÍTULO 12. PUENTE GRÚA.

El puente grúa se encargará de trasladar las piezas por los distintos baños para completar el proceso de anodizado crómico.

12.1. Puente grúa estándar con una capacidad de carga de 3,2 Tn y una velocidad de elevación de entre 0,45 – 3 m/min. Controlada por mando. Incluido montaje.

Puente grúa estándar (€)	25436
---------------------------------	--------------

El precio del puente grúa y su instalación asciende a25436 €.

CAPÍTULO 13. OBRA CIVIL.

Constará de todas las obras para la realización de los cubetos de retención de los baños de proceso.

13.1. Excavación de las zanjas para la realización de los cubetos de retención de los baños con transporte de carga al vertedero. Se incluirá la mano de obra y la maquinaria necesaria para la realización de la zanja.

Mano de obra (€/h)	9
Maquinaria excavadora (€)	8,90
Precio total (€)	16,90

13.2. Formación de cubetos de retención de 9 metros de largo por 5 metros de ancho y 1,6 metros de altura. Se incluye el corte y picado de solera de hormigón armado, excavación, retirada de tierras al vertedero, solera de hormigón armado HA – 250, fábrica de ladrillo de ½ pié de espesor para contención, enfoscado maestreado y fratasado de parámetros verticales, suministro y colocación de guardavivos metálicos. Incluida la mano de obra.

Cubetos de contención (€)	18235,50
Precio total 4 cubetos (€)	72942

13.3. Impermeabilización de los cubetos de retención de los baños con revestimiento de cemento con características elásticas e impermeables, gracias al uso de cementos modificados con polímeros. Se utilizará un total aproximado de 6 Kg de dicho cemento. Se incluirá la mano de obra (20%) en el precio total de la obra.

Cemento impermeable (€/Kg)	4,50
Precio del cemento (€)	27
Precio total (€) + 20%	32,4

13.4. Pasarela de servicio de acero inoxidable AISI 316 de 1,6 metros de altura y 23,2 metros de longitud. El piso será de rejilla, con 2 accesos a ella a través de escaleras y barandillas. Incluida toda la instalación.

Pasarela de acero inoxidable AISI 316 (€)	2550
--	-------------

13.5. Realización del vestuario del personal para que realicen sus tareas de higiene personal. El vestuario tendrá un área de 77 m². Incluido en el precio la construcción, ladrillos, cemento y demás materiales, junto con la retirada de tierras al vertedero.

Vestuario (€)	30675
----------------------	--------------

13.6. Realización del laboratorio físico - químico del personal para que se realicen las tareas de mantenimiento de los baños de proceso por personal cualificado. El laboratorio tendrá un área de 24 m². Incluido en el precio la construcción, ladrillos, cemento y demás materiales, junto con la retirada de tierras al vertedero.

Laboratorio (€)	23653
------------------------	--------------

13.7. Realización de la sala de reuniones con un área de 34 m². Se incluye en el precio la construcción, ladrillos, cemento y demás materiales necesarios, junto con la retirada de tierras al vertedero.

Sala de reuniones (€)	25865
------------------------------	--------------

13.8. Realización del despacho para el responsable de la planta de procesos. Tendrá un área de 18 m². Se incluye en el precio la construcción, ladrillos, cemento y demás materiales necesarios, junto con la retirada de tierras al vertedero.

Despacho (€)	22454
---------------------	--------------

13.9. Equipos de seguridad instalados en los vestuarios y en la propia planta de proceso. Serían duchas de emergencia y lavajojos. Incluida instalación.

Equipos de seguridad (€)	145,8
---------------------------------	--------------

El precio de la obra civil asciende a.....178334,1 €.

CAPÍTULO 14. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.

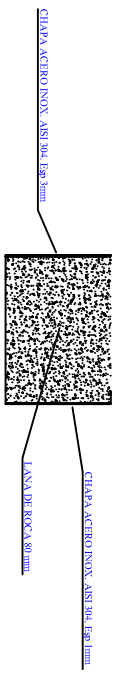
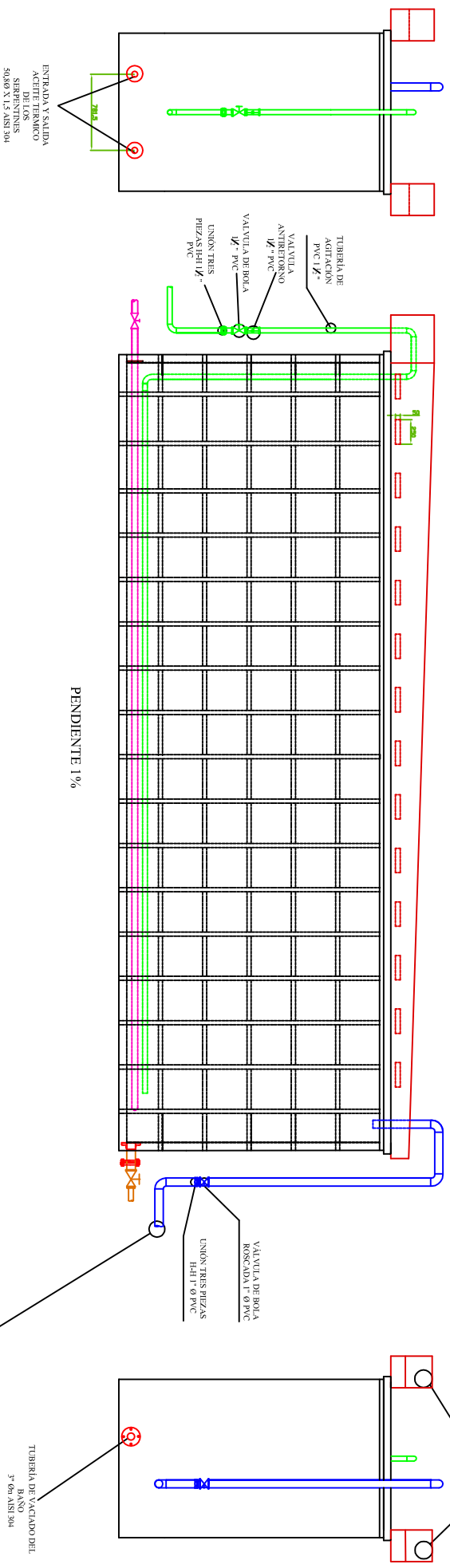
El precio del diseño de la línea de anodizado crómico quedaría resumida en los siguientes apartados:

1.- Baño de desengrase alcalino.....	26.188,4 €
2.- Baño de desoxidado.....	22.421,6 €
3.- Baños de enjuague.....	112.056,5 €
4.- Baño de anodizado crómico.....	31.475,6 €
5.- Baño de sellado.....	27.665,7 €
6.- Equipo de calentamiento.....	99.472,1 €
7.- Rectificador de corriente.....	19.500,0 €
8.- Extracción de gases.....	73.285,6 €
9.- Sistema de agitación.....	5.852,4 €
10.- Equipo de agua desmineralizada.....	66.098,0 €
11.- Depuradora.....	46.048,0 €
12.- Puente grúa.....	25.436,0 €
13.- Obra civil.....	178.334,1 €
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	733.764,0 €
16% IVA	117.402,2 €
<u>TOTAL PRESUPUESTO</u>	<u>851.166,2 €</u>

Planos.

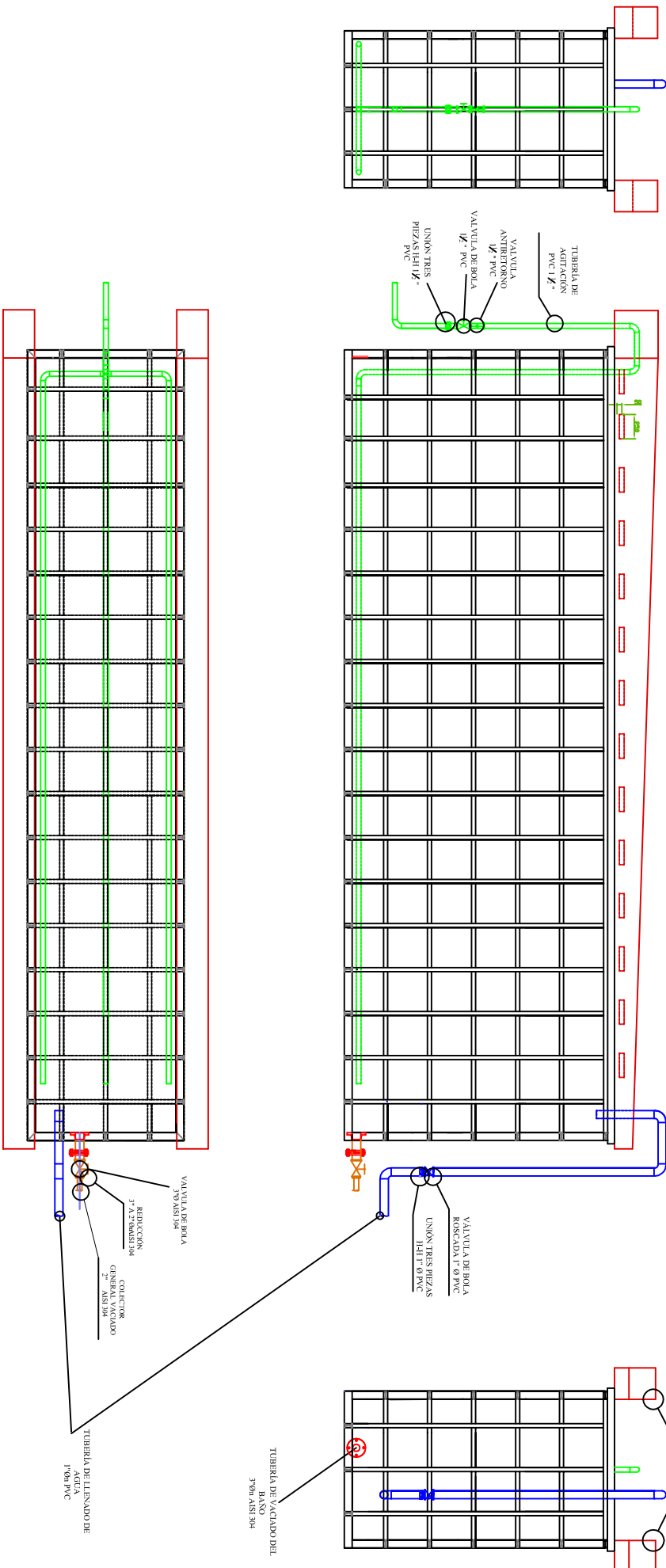
Índice.

- 1. PLANO N° 1. VISTA GENERAL DE LA PLANTA DE PROCESO.**
- 2. PLANO N° 2: BAÑO DE DESENGRASE ALCALINO.**
- 3. PLANO N° 3: BAÑO DE DESOXIDADO.**
- 4. PLANO N° 4: BAÑO DE ENJUAGUE.**
- 5. PLANO N° 5: BAÑO DE ANODIZADO CRÓMICO.**
- 6. PLANO N° 6: BAÑO DE SELLADO.**



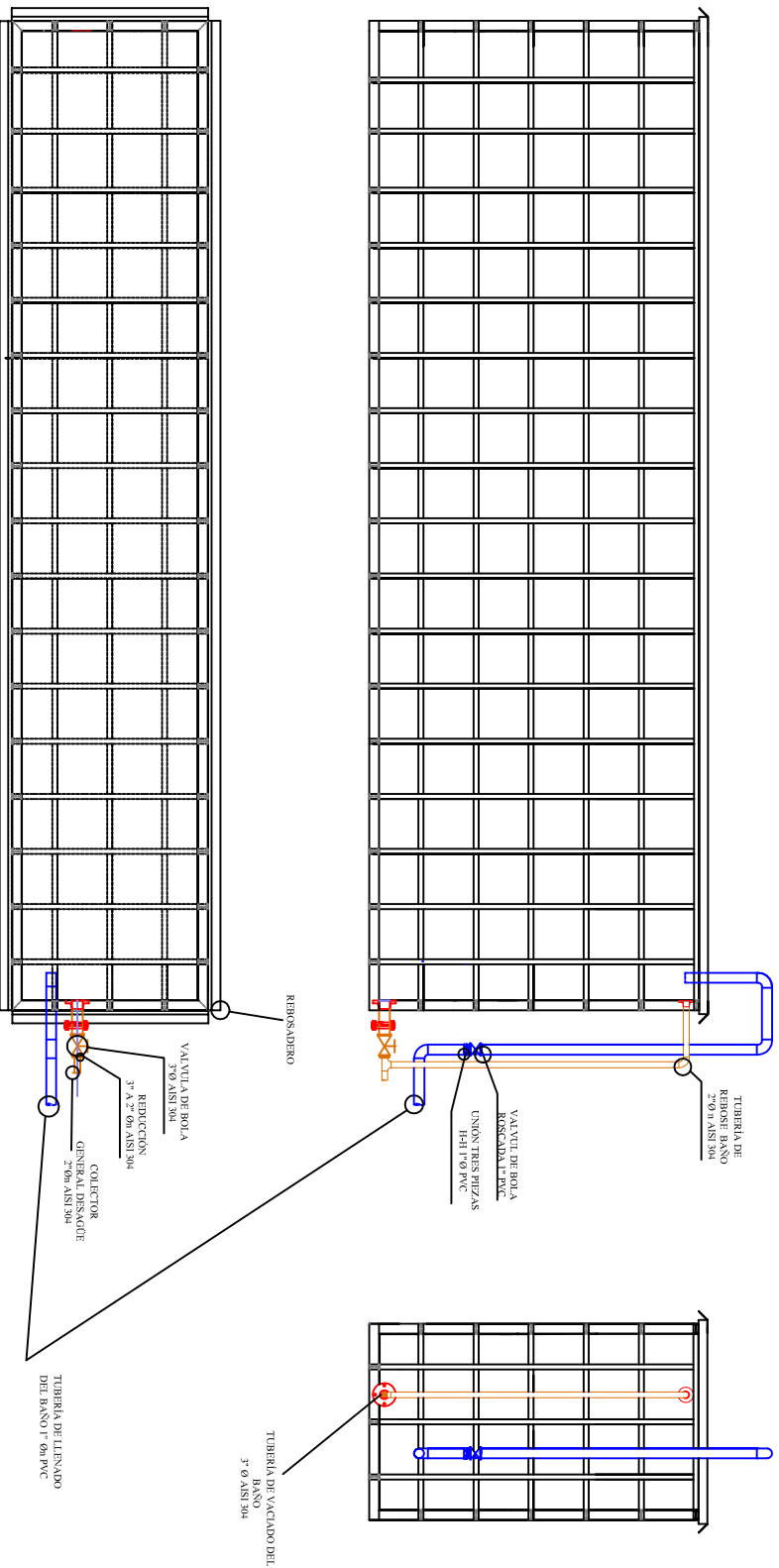
VISTA DE LA SECCION DEL BANO
ESCALA 1:6

FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.			
Fecha	Nombre	Escala	BANO DE DISEÑORASE ALCALINO
Dibujado	Nov. 2004	L. Cobelo	
Comprobado		1:30	
Id. Asesor			PLANO Nº: 2
Proyecto y organización de una planta de acondicionamiento para piezas de aluminio en la industria aeronáutica			Alumno: Lucía Cocello Ingeniería Química



FACULTAD DE CIENCIAS. UNIVERSIDAD DE CADIZ.			
BAÑO DE DESOXIDADO		PLANO Nº. 3	
Fecha	Nombre	Escala	Alumno: Lucía Cejudo
Dibujos	Nº. 2005	L. Cejudo	Ingeniería Química
Compendio	1/30		
3d Isometr			

Diseño y optimización de una línea de
 acabados, optimización para piezas de aluminio
 en la industria aeronáutica



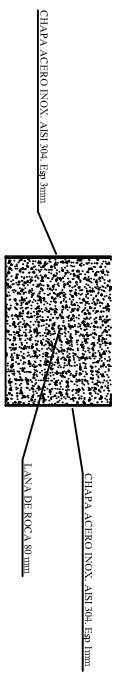
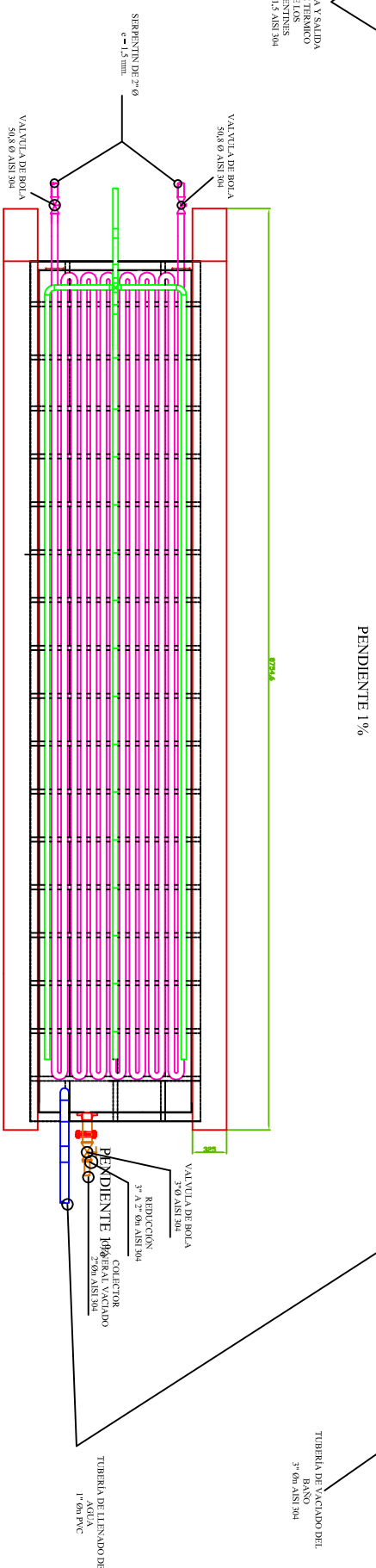
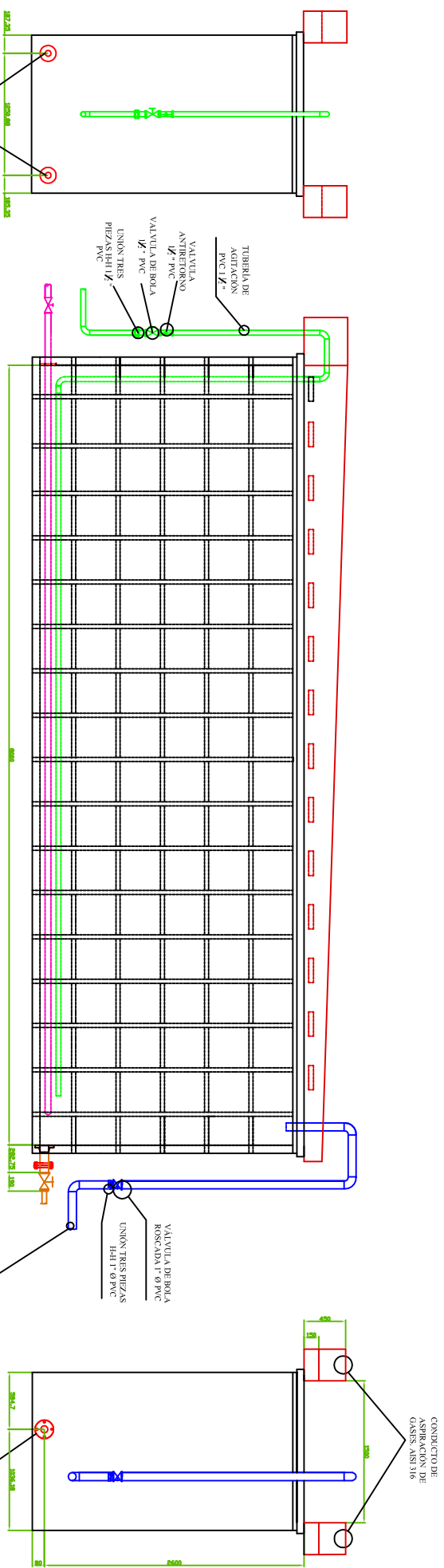
FACULTAD DE CIENCIAS UNIVERSIDAD DE CADIZ.

BANO DE ENLAGE

Fecha	Nombre	Escala
Diseño	Dec. 2005 L. Cejudo	1/30
Comprobado		
34 Aproxim		

Diseño y organización de un baño de aseo para personas de aseo en la industria aeronáutica

PLANO N.º 4
Alumno: Lucía Cejudo
Ingeniería Química



VISTA DE LA SECCION DEL PISO
ESCALA 1:6

FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.			
Fecha	Nombre	Estado	
Dibujado	Dic. 2005	L. Cejudo	BAÑO DE SELLADO
Comprobado		1/25	
Proyecto y organización de una vivienda analizando exitivo para prueba de alumbrado en la industria actualizada			PLANO Nº: 6 Alumno: Leticia Cejudo Ingeniería Química

