

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Título: Ampliación de una planta galvanizadora
en discontinuo por inmersión en caliente

Autora: M^a del Pilar COIRAS MANCERA

Fecha: Junio 2006





ÍNDICE MEMORIA

➤ MEMORIA DESCRIPTIVA.....	1
➤ MEMORIA DE CÁLCULOS.....	218
➤ ANEXOS A LA MEMORIA.....	230

ÍNDICE MEMORIA DESCRIPTIVA

1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Peticionario.....	1
1.2. Propuesta del proyecto fin de carrera.....	1
1.3. Antecedentes: protección contra la corrosión.....	3
1.3.1. La corrosión	3
1.3.2. Protección contra la corrosión.....	3
2. OBJETIVO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN....	13
2.1. Objetivo del proyecto.....	13
2.2. Justificación.....	14
3. LOCALIZACIÓN.....	16
4. LA GALVANIZACIÓN.....	16
4.1. El zinc materia prima fundamental: propiedades y aplicaciones.....	16
4.2. Técnicas de galvanización.....	19

5. GALVANIZACIÓN EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE.....	26
5.1. Mecanismo de galvanización.....	26
5.2. Condiciones necesarias del material para ser galvanizado.....	29
5.2.1. Composición del acero.....	29
5.2.2. Condiciones relativas al estado superficial del acero.....	32
5.2.3. Reglas básicas para el diseño y fabricación.....	38
5.3. Propiedades del acero galvanizado.....	45
5.4. Protección catódica.....	54
5.5. Comportamiento del recubrimiento de zinc en diferentes ambientes.....	60
6. ETAPAS DEL PROCESO DE GALVANIZACIÓN EN CALIENTE.....	66
6.1. Introducción.....	66
6.2. Recepción del material.....	67
6.3. Cuelgue del material.....	68
6.4. Etapas de acondicionamiento.....	69
6.4.1. Desengrase.....	69
6.4.2. Decapado.....	71
6.4.3. Preflux.....	74
6.4.4. Flux.....	74
6.4.5. Secadero.....	76

6.5. Crisol.....	76
6.6. Enfriamiento.....	81
6.7. Pasivado.....	81
6.8. Descuelgue.....	82
6.9. Inspección de calidad.....	82

7. PRINCIPALES VARIABLES QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN.....83

7.1. Introducción.....	83
7.2. Variables que afectan a la producción.....	85
7.2.1. Capacidad del horno.....	85
7.2.2. Tiempo en Crisol.....	87
7.2.3. Relación hombre / producción	96
7.2.4. Capacidad productiva de los baños.....	108
7.3. Conclusión.....	113

8. PRINCIPALES MODIFICACIONES A REALIZAR..114

8.1. Introducción.....	114
8.2. Número de turnos.....	116
8.2.1. Un solo turno.....	116
8.2.2. Dos turnos	117
8.2.3. Tres turnos.....	117

8.2.4. Conclusión.....	117
8.3. Número de operarios.....	118
8.3.1. Modificación del nº de operarios a dos turnos.....	118
8.3.2. Modificación del nº de operarios a tres turnos.....	119
8.3.3. Conclusión.....	120
8.4. Número de puestos de trabajo.....	121
8.4.1. Modificación del nº de puestos de trabajo a dos turnos.....	122
8.4.2. Modificación del nº de puestos de trabajo a tres turnos.....	130
8.4.3. Conclusión.....	135
8.5. Baños de desengrase y decapado.....	136
8.5.1. Modificación de los baños a dos turnos.....	138
8.5.2. Modificación de los baños a tres turnos.....	146
8.5.3. Conclusión.....	150
8.6. Conclusión final.....	151
9. REQUISITOS DE CALIDAD.....	152
9.1. Introducción.....	152
9.2. Norma UNE EN ISO 1461:1999.....	152
9.3. Cumplimiento de la normativa.....	155
9.4. Acciones de mejora.....	156
10. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	169
10.1. Introducción.....	169
10.2. Tratamientos para minimizar la gestión de los residuos.....	169

11. SEGURIDAD E HIGIENE.....	174
11.1.Introducción.....	174
11.2.Trabajo a turnos y nocturnidad.....	175
11.3.Manejo de carretillas.....	183
11.4.Uso de herramientas de mano.....	187
11.5.Manejo del puente grúa.....	192
11.6.Seguridad en la galvanización.....	196
11.7.Fichas de seguridad.....	197
12. BIBLIOGRAFÍA.....	213

1. ANTECEDENTES

1.1. PETICIONARIO

La comisión de Proyectos Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado el Proyecto de título: “Ampliación de una planta galvanizadora en discontinuo por inmersión en caliente” a la alumna M^a del Pilar Coiras Mancera, siendo el tutor del mismo el Dr. D. Sergio I. Molina Rubio y D. Víctor Navarro Monzón.

Este proyecto se realiza como requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Químico.

1.2. PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El documento de propuesta del proyecto de fin de carrera presentado en junio del 2006 es el siguiente:

DEPARTAMENTO: Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica.

TÍTULO:

Ampliación de una planta galvanizadora en discontinuo por inmersión en caliente.

TUTOR(ES): Sergio Ignacio Molina Rubio.

Víctor Navarro Monzón

DESCRIPCIÓN (breve información sobre el objetivo del PFC):

Ampliar una planta galvanizadora que actualmente cuenta con una capacidad productiva de 180 Tn/día de material galvanizado de forma que se alcance una producción de 360 Tn/día.

Para ello se tendrán en cuenta acciones tales como aumentar los puestos de carga y descarga, incluir nuevos baños en la etapa de decapado, así como otras modificaciones necesarias para el cumplimiento de la normativa de calidad UNE-EN-ISO 1461:99.

REQUISITOS (capacidad, producción, disponibilidad de agua, vapor, requisitos energéticos, ...):

Se obtendrá una capacidad productiva de 360 toneladas diarias de material galvanizado.

OTRAS ESPECIFICACIONES (normativa, legislación, ...):

Se realizará el proyecto cumpliendo con los requisitos exigidos en la normativa vigente referido a Seguridad, Higiene, Calidad y Medio Ambiente.

1.3. ANTECEDENTES: PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

1.3.1. La corrosión

La corrosión se define convencionalmente como el ataque que sufre un metal por parte del medio en que se halla, con el consiguiente deterioro de sus propiedades. La relevancia de la corrosión en la sociedad actual se fundamenta en el empleo masivo de metales en todo tipo de aplicaciones. Estos metales se ven expuestos a una variedad de ambientes agresivos, razón por la que, en la práctica, la corrosión representa un grave problema que, frecuentemente, es difícil de reconocer hasta que el deterioro del material se ha vuelto irreversible.

Si nos fijamos en el origen observaríamos que la obtención de un metal a partir de sus minerales supone la inversión de una tendencia natural ya que la mayoría se encuentran en la naturaleza en forma de compuestos. Estos metales puros que se obtienen son poco estables y tienden a volver a su estado inicial por lo que podríamos definir la corrosión como el proceso por el que un metal tiende a degradarse y volver a su estado natural produciéndose un deterioro tanto de sus propiedades físicas y químicas consecuencia de su interacción con el medio que lo rodea.

1.3.2. Protección contra la corrosión

La protección frente a la corrosión constituye un ámbito tecnológico interdisciplinario que combina, además de la electroquímica, aspectos de la

metalurgia, la ciencia de los materiales, la ingeniería química y la mecánica. En su estudio intervienen tantos factores que no se puede pensar en una solución universal. Los principales factores que se deben considerar son: naturaleza y estado del metal, medio que se encuentra y tipo de contacto entre el metal y el medio. Los procedimientos generalmente aplicados para la protección contra la corrosión pueden clasificarse en cuatro grupos principalmente:

- Protección por aplicación de recubrimientos:
 - Protección por recubrimientos metálicos.
 - Protección por recubrimientos inorgánicos.
 - Protección por recubrimientos de naturaleza orgánica.
- Protección por empleo de inhibidores de la corrosión.
- Protección por empleo de metales autoprotectores
- Protección catódica.

Protección por aplicación de recubrimientos

Una de las tecnologías más comunes y baratas a la hora de proteger un metal de la corrosión consiste en la aplicación de un recubrimiento protector que lo aisle del medio corrosivo. Si bien se puede hacer uso de una gran variedad de tratamientos superficiales y recubrimientos protectores, normalmente los recubrimientos utilizados para proteger la superficie de un metal suele estar formado por otro metal (generalmente, cinc depositado por galvanizado en caliente o por electrodeposición), por una sustancia inorgánica (capas de conversión, porcelanas, vidrios, etc.) o por sustancias orgánicas (pinturas, barnices, lacas y esmaltes). Todos estos métodos de protección están basados en el llamado efecto barrera, es decir, tratan de

aislar el metal del ambiente que lo rodea, impidiendo de esta forma que tenga lugar la reacción de reducción del oxígeno sobre la superficie del material a proteger. En la práctica, se debe tener cuidado en la elección del recubrimiento para una aplicación concreta, con el fin de evitar el ataque selectivo y localizado del sustrato que se desea proteger.

Protección por recubrimientos metálicos.

La protección por recubrimientos metálicos es uno de los procedimientos más empleados contra la corrosión. La elección del procedimiento de deposición se hace de acuerdo con la aplicación y la funcionalidad del objeto a proteger. Así, entre las técnicas más empleadas, se debe destacar:

Electrodeposición o depósito electrolítico de metales, denominada electroplating en la literatura anglosajona, que permite obtener recubrimientos coherentes, muy adherentes y de espesor controlable, incluso en geometrías complicadas y zonas de difícil acceso. Es por ello que se utiliza sobre todo para realizar el acabado superficial en todo tipo de objetos metálicos que requieren una buena presencia además de resistencia a la corrosión. Su principal inconveniente es de tipo medioambiental, y está relacionado con el empleo masivo de reactivos químicos de elevada peligrosidad, tales como cianuro, iones metálicos pesados o agentes complejantes, que exigen un costoso proceso de depuración.

Galvanizado en caliente, conocida como *hot dipping* en la literatura anglosajona, consiste en la formación de una capa protectora metálica la cual reacciona con el metal a proteger tras la inmersión en un baño de un

metal fundido y en la posterior solidificación de la capa metálica formada. Constituye el tratamiento anticorrosivo más antiguo, simple y barato de los existentes en la actualidad. Lógicamente, el metal que forma la capa protectora ha de tener un punto de fusión menor al del metal que se desea proteger, ha de ser barato, y debe conferir las propiedades de resistencia a la corrosión deseadas. En todos los casos, se persigue fundamentalmente una buena protección frente a la corrosión, aunque también se aprovecha la buena resistencia a la abrasión que se logra mediante el uso de esta tecnología. Como principales inconvenientes se puede destacar el déficit control del espesor obtenido, la necesidad de emplear temperaturas elevadas, con el peligro que ello supone de cara a la seguridad de los operarios, y la elevada sensibilidad del recubrimiento a la presencia de pequeñas cantidades de impureza en el baño.

Otras tecnologías más recientes, como el caso del rociado (sprays), la implantación iónica, la deposición química de vapor (*chemical vapor deposition*, CVD) o la deposición física del vapor (*physical vapor deposition*, PVD) se hallan en la actualidad en una fase de pleno desarrollo.

La elección del metal empleado como recubrimiento se hace también de acuerdo con la aplicación y la funcionalidad del objeto, además de la naturaleza del metal que se desea proteger. Por ejemplo, en el sector de automoción los recubrimientos más empleados son los de cinc y sus aleaciones, tanto por la vía del electrodeposito (cinc, cinc-níquel y cinc-hierro) como por la de galvanizado en caliente (cinc y cinc-níquel-bismuto). Otro recubrimiento en desarrollo son los de níquel-cromo y níquel-SiC. En los sectores aeroespacial y aeronáutico, las exigencias son mayores debido a las condiciones extremas a las que se encuentra sometido el material. Es por ello que se emplean recubrimientos metálicos especiales, como los de

paladio-cobalto y paladio-níquel, utilizados para conectores eléctricos, así como recubrimientos de rodio, indio y rutenio cuando se requiere resistencia a la corrosión a altas temperaturas. En el sector de las telecomunicaciones, se utilizan recubrimientos que además de garantizar una buena resistencia a la corrosión posean una elevada conductividad eléctrica para evitar pérdidas eléctricas. Es por ello que se están desarrollando electrodeposiciones de aleaciones binarias, ternarias e incluso cuaternarias. Este es el caso de las multicapas Cu/Ni, Ni-Fe-Cu/Cu, CoSb/Cu, Au/Co, Ag/Cu, NiP/Sn, CoPt(P), CoNiCr, CoCrTa, CoNiMnP y Ni-P.

Protección por recubrimiento inorgánico

En el caso de la protección por recubrimiento inorgánico, los procedimientos que más se utilizan son el fosfatado, el pasivado crómico, el anodizado y el pavonado detallados a continuación:

Fosfatado. Se emplea industrialmente para la protección de superficies de acero, hierro, cinc y aluminio, principalmente, mediante la formación sobre la misma de capas cristalinas, uniformes y adherentes de fosfatos inorgánicos. El proceso, además de una eficaz protección frente a la corrosión, tiene una ventaja, ya que facilita el trabajo mecánico, la extrusión y el estirado en frío de alambres y tubos, de la misma forma que sirve como aislante en motores y transformadores eléctricos.

Pasivado crómico. La adición de cromatos a determinados líquidos corrosivos reduce o previene el ataque sobre los metales, por lo frecuentemente se añade cromatos a aquellas aguas que están en contacto continuo con metales, especialmente en circuito cerrado. Cuando el metal

debe estar en contacto con la atmósfera, se debe emplear un método alternativo, denominado pasivado crómico y consistente en la deposición de una capa de cromatos directamente sobre el metal (este es el caso del cromatado de aluminio) o, en el caso más habitual, tras haber aplicado un electrodeposito metálico de cinc, plata, latón, etc. La gran problemática que plantea, en general, la utilización de pasivados es que están formulados con cromo hexavalente. El futuro en ese campo está en el desarrollo de procesos exentos de cromo.

Anodizados. Es la formación de un recubrimiento por oxidación superficial, se trata de un medio bastante eficaz que se emplea sobre todo para las aleaciones de aluminio y magnesio. La oxidación puede realizarse por calentamiento, por electrólisis (oxidación anódica) o por ataque de un ácido (oxidación química). Independientemente del método utilizado, el resultado del proceso es la formación de una película dura, compacta y fuertemente adherente, que proporciona al metal una excelente protección frente a la corrosión, existiendo además posibilidades decorativas derivadas de la facilidad de efectuar cambios de color sobre la capa de óxido. Una vez realizada la oxidación superficial es necesario la eliminación de la porosidad superficial formada, por medio de un procedimiento de sellado que, en el futuro próximo, deberá realizarse mediante la aplicación de *films* de naturaleza polímera.

Pavonado. Es un tratamiento oxidativo que se aplica sobre una superficie metálica de hierro o acero con una doble finalidad: por un lado, proteger la superficie contra la corrosión y, por otro, obtener un acabado decorativo de color negro. La superficie del metal queda recubierto de una capa de óxido ferroso-férrico que actúa como barrera de separación frente al medio agresivo.

Protección por recubrimientos de naturaleza orgánica

Entre las tecnologías de protección frente a la corrosión que hacen uso de recubrimiento de naturaleza orgánica debe destacarse la del pintado la cual constituye, junto con las del barnizado y lacado, el procedimiento más antiguo de lucha contra la corrosión.

El pintado de una superficie metálica no sólo previene el contacto químico entre el metal y el medio corrosivo sino que, además, la presencia de ciertos pigmentos contenidos en la formulación de la pintura puede inhibir eficazmente el proceso de corrosión. Además, las pinturas proporcionan cualidades estéticas, así como resistencia química, a la abrasión y al impacto. En determinados casos, especialmente en lo que se refiere a las industrias del automóvil y del acabado decorativo, el pintado de metales puede llevarse a cabo mediante técnicas electrolíticas, constituyendo lo que se denomina el pintado electroforético.

El desarrollo de nuevas pinturas anticorrosión de mayor efectividad, menor toxicidad y coste reducido es una necesidad para las industrias implicadas en la protección contra la corrosión. Concretamente, un campo de investigación con gran potencialidad de aplicación es el de las imprimaciones (*primers*) anticorrosión basadas en polímeros conductores como la polianilina o el polipirol, los cuales pueden ser sintetizados mediante técnicas electrolíticas o de oxidación química en disolución. Esta y otras realizaciones similares, todavía en fase de desarrollo, constituyen el futuro inmediato en el campo de las pinturas para protección frente a la corrosión.

Protección por empleo de inhibidores de la corrosión

Para que la corrosión de un metal pueda tener lugar, es necesario que éste se halle en contacto con un medio conductor de iones. Por ello, en algunos casos, la modificación del medio electrolítico constituye una estrategia adecuada de lucha frente a la corrosión. Una posible vía es la eliminación de las especies causantes de la corrosión. Esta tecnología incluye la eliminación del oxígeno disuelto en el agua por evacuación, saturación con nitrógeno o adición de sustancias destructoras de oxígeno, así como la eliminación de ácidos por neutralización, de sales disueltas por intercambio iónico u ósmosis inversa, de humedad en el aire mediante gel de sílice o un aumento de temperatura, o de partículas sólidas.

Sin embargo, la vía más utilizada para la modificación del medio que rodea al metal a proteger es la utilización de inhibidores de la corrosión, es decir, de especies orgánicas o inorgánicas que, cuando son añadidos en baja concentración, dan lugar a un descenso en la velocidad de corrosión, debido a la formación de un compuesto insoluble sobre la superficie del metal. La tecnología supone una aproximación interesante al problema de la lucha frente a la corrosión en aquellos casos en que un metal deba estar en contacto con una disolución acuosa, particularmente cuando esta disolución forma parte de un sistema cerrado (por ejemplo, en sistemas de calentamiento o enfriamiento).

Protección por empleo de metales autoprotectores

Otro de los métodos utilizados para la protección contra la corrosión es el empleo de metales autoprotectores, es decir, de metales estructurales

que tengan la suficiente resistencia contra la corrosión como para que sea innecesaria la aplicación de protecciones adicionales.

Metales puros como el cromo, el níquel, el platino, el oro, el tantalio y el wolframio, entre otros, son muy resistentes a la corrosión atmosférica y a la acción de muchos ácidos, pero su elevado precio impide su utilización salvo para aplicaciones científicas.

En cambio, se emplean mucho las aleaciones y superaleaciones autoprotectoras, que son más económicas y además tienen, en general, mejores características que los metales puros. Las aleaciones que más se emplean son los aceros inoxidable, las aleaciones de base de hierro y las aleaciones de níquel.

La utilización de aceros inoxidable está extendida a todas las áreas y sus aplicaciones son innumerables. Su acción protectora proviene de la presencia de cromo, el cual forma en la superficie de la pieza una capa de óxido compacta e impermeable que protege al resto del metal de la corrosión. Los aceros inoxidable contienen también cantidades variables de otros elementos como níquel, wolframio, molibdeno, titanio, etc., cuya misión es aumentar la resistencia a la corrosión en ciertos casos particulares,

Por otro lado, a pesar de que el hierro no posee una buena resistencia a la corrosión, la introducción de otros elementos hace que las aleaciones de base de hierro como hierro-cromo-níquel-molibdeno o hierro-níquel-cobre-manganeso posea una alta resistencia a la corrosión. De ahí las investigaciones que actualmente se están desarrollando en torno a este tipo de aleaciones para aplicaciones en la industria aerodinámica y de automoción.

Sin embargo, los materiales metálicos de última generación, y en los que se basarán los futuros desarrollos en metales autoprotectores, son los conocidos como superaleaciones. La denominación proviene del gran número de elementos que intervienen en su composición para lograr sus excelentes propiedades que ofrecen de resistencia mecánica, comportamiento frente a la fatiga termomecánica y la fluencia a temperaturas elevadas y, sobre todo, resistencia frente a la corrosión incluso en ambientes extremadamente agresivos. Es por ello que son ampliamente utilizados en las industrias aeroespacial y aeronáutica para la fabricación de turbinas y motores a reacción. Los elementos que se adicionan para componer este tipo de aleaciones son muy numerosos: cromo, molibdeno, wolframio, vanadio, niobio, tantalio, hierro, cobalto, titanio, zirconio, magnesio, boro, carbono, hafmio, etc.

Protección catódica

La tecnología de la protección catódica hace referencia al empleo de métodos que convierten el metal que se desea proteger de la corrosión en cátodo, bien mediante su contacto con un ánodo de sacrificio o bien mediante la aplicación de las llamadas corrientes impresas. Una vez convertido en un cátodo, el metal no puede corroerse. La protección catódica constituye uno de los métodos de lucha frente a la corrosión más empleados, sobre todo en los que se refiere a grandes estructuras o a estructuras enterradas.

Ánodo de sacrificio: la propiedad fundamental de un ánodo de sacrificio es su capacidad de disolverse espontáneamente a una velocidad uniforme y moderada a un potencial de corrosión del metal que se desea

proteger, con el que se encuentra en contacto eléctrico, de manera que éste actúa como cátodo, con lo que se evita que tenga lugar su corrosión.

Un ejemplo común lo constituye el uso de ánodos de sacrificio de cinc, magnesio o aluminio para proteger piezas de acero.

Corrientes impresas: consiste en la aplicación de una corriente catódica sobre la pieza a proteger, por medio de una fuente de corriente y de un ánodo auxiliar el cual, a su vez, puede ser inerte (lo que implica un coste adicional en material) o consumirse en el proceso (con el problema medioambiental que ello puede suponer). Se trata, por lo tanto, de una forma de protección catódica más versátil que el empleo de ánodos de sacrificio. Por lo general, la aplicación de corrientes impresas se lleva a cabo sobre grandes estructuras, las cuales suelen estar pintadas, y en medio no demasiado agresivos, debido a la complejidad de su implementación y control.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO Y JUSTIFICACIÓN

2.1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es ampliar una planta galvanizadora que actualmente cuenta con una capacidad productiva de 180 Tn/día de material galvanizado de forma que se alcance una producción de 360 Tn/día.

Para ello se tendrán en cuenta acciones tales como aumentar los puestos de carga y descarga, incluir nuevos baños en la etapa de decapado, así como otras modificaciones necesarias para el cumplimiento de la normativa de calidad UNE-EN-ISO 1461:99.

2.2. JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas, el interés prestado tanto a la comprensión de los mecanismos por los que transcurre la corrosión, como al desarrollo de procedimientos de prevención y control ha crecido considerablemente, por varias razones: el creciente empleo, tanto en cantidad como en diversidad, de metales y aleaciones metálicas; la aparición de aplicaciones donde los metales se ven sometidos a condiciones ambientales particularmente agresivas (construcción de dispositivos aeronáuticos y aeroespaciales, tuberías de conducción de petróleo, sistemas de generación de energía atómica, etc.); la existencia de ambientes más corrosivos debido a un aumento en los niveles de polución del mar y de la atmósfera; el interés económico, que exige reducción de los tamaños y grosores de las estructuras metálicas, con el consiguiente aumento en la eficiencia del ataque por corrosión; la necesidad de mayores intervalos de tiempo entre reparaciones u operaciones de mantenimiento, etc.

A nivel industrial, las consecuencias de un mal control o de una falta de prevención de la corrosión pueden ser catastróficas, produciéndose daños en plantas de procesamiento, estructuras y demás equipamiento, con la consiguiente pérdida de tiempo y dinero en trabajo de sustitución o reparación; riesgo de accidentes, contaminación de los productos y

procesos, pérdidas de producto, necesidades de sobredimensionamiento, publicidad desfavorable, etc. Todo ello se traduce en un coste de tiempo, dinero y mano de obra.

Los costes directos generados al año por la corrosión en nuestro país, alcanzan alrededor de un 3,5 % del producto interior bruto (en el caso de los costes indirectos, podemos hablar de caso el doble), con pérdidas estimadas en unos 7.200 millones de euros.

Por lo tanto, debido a que los metales se ven sometidos a ambientes más agresivos, a cuantiosas pérdidas por corrosión, al riesgo de accidentes, etc... la demanda de medidas para la protección de los metales contra la corrosión está creciendo considerablemente. Una de las técnicas más solicitadas es la galvanización en caliente por la eficacia que presenta ante el ataque de la corrosión.

Frente a este aumento en la demanda de materiales galvanizados se hace necesario el adoptar medidas que den cabida a esta subida. Para ello se tratará de analizar como se podría actuar en el caso de que la capacidad productiva de una planta galvanizadora no diera respuesta al incremento de la demanda.

Otro factor que favorecerá la ejecución de este proyecto es la inexistencia de plantas de este tipo en todo el área occidental de la comunidad autónoma de Andalucía por lo que existen gran cantidad de clientes que exigirán los servicios de una planta galvanizadora.

3. LOCALIZACIÓN

El presente proyecto pretende aumentar la producción de una planta galvanizadora en discontinua por inmersión en caliente ubicada en el parque empresarial Ciudad del Transporte en el término municipal de Jerez de la Frontera (Cádiz).

Se ha escogido este emplazamiento por sus magníficas comunicaciones. Estas vías de comunicación con el parque empresarial son las principales de la provincia de Cádiz: Carretera N-IV Madrid-Cádiz, Autopista A-4 Sevilla-Cádiz y con conexión directa con la Autovía A-381 Jerez-Los Barrios, además de existir en la propia Ciudad del Transporte un Terminal de Mercancías de RENFE y tener el Terminal de Carga del Aeropuerto de Jerez a tan sólo 1,5 Km. de distancia.

4. LA GALVANIZACIÓN

4.1. EL ZINC MATERIA PRIMA FUNDAMENTAL: PROPIEDADES Y APLICACIONES

Propiedades del Zn

Elemento químico de símbolo Zn, número atómico 30 y peso atómico 65.37. Es un metal maleable, dúctil y de color gris, buen conductor del calor y la electricidad.

El zinc es uno de los elementos menos comunes; se estima que forma parte de la corteza terrestre en un 0.0005-0.02%. Ocupa el lugar 25 en orden de abundancia entre los elementos. Su principal mineral es la blenda, marmatita o esfalerita de zinc, ZnS.

La obtención de zinc no es una tarea fácil. En primer lugar hay que encontrar sus yacimientos, para lo cual las compañías mineras realizan actividades de prospección en todo el mundo. La mayoría de los concentrados de zinc que se consumen en Europa provienen de Canadá, Australia y de América del Sur. La mayoría de las plantas de producción de zinc están situadas en lugares donde hay suficiente energía eléctrica.

El zinc puro y recientemente pulido es de color blanco azulado, lustroso y moderadamente duro (2.5 en la escala de Mohs). El aire húmedo provoca su empañamiento superficial, haciendo que tenga color gris. El zinc puro es dúctil y maleable pudiéndose enrollar y tensar, pero cantidades pequeñas de otros metales como contaminantes pueden volverlo quebradizo. Se funde a 420°C y hierve a 907°C. Su densidad es 7.13 veces mayor que la del agua.

Las principales ventajas a la hora de utilizar el zinc se basan en su bajo punto de fusión y en el hecho de que el zinc es anódico respecto al acero, es decir, cuando se pone en contacto con hierro o acero en presencia de un electrolito, el zinc se corroe con preferencia frente al hierro o el acero.

El zinc y sus aleaciones tienen una excelente resistencia a la corrosión en la atmósfera. La propiedad que da al zinc esta resistencia es su habilidad para formar una capa protectora que consiste en una mezcla de óxido de zinc, hidróxido de zinc y varias sales básicas, dependiendo de la naturaleza, del medio. Cuando se han formado las capas protectoras y se ha

cubierto por completo la superficie del metal, la velocidad a la que tiene lugar la corrosión se reduce considerablemente

En aire seco, inicialmente se forma una película de óxido de zinc por influencia del oxígeno atmosférico, que pronto se convierte en hidróxido de zinc, carbonato básico de zinc y otras sales básicas de zinc, dióxido de carbono e impurezas químicas presentes en la atmósfera. La solubilidad en agua de los óxidos y carbonatos de zinc es muy baja, por lo que la superficie de zinc continúa corroyéndose, pero muy lentamente.

Aplicaciones del Zinc

Los usos más importantes del zinc los constituyen las aleaciones y el recubrimiento protector de otros metales. El hierro o el acero recubiertos con zinc se denominan galvanizados.

También se utiliza en las placas de las pilas (baterías) eléctricas secas, y en las fundiciones a troquel. El óxido de cinc, conocido como cinc blanco, se usa como pigmento en pintura. También se utiliza como rellenedor en llantas de goma y como pomada antiséptica en medicina. El cloruro de cinc se usa para preservar la madera y como fluido soldador. El sulfuro de cinc es útil en aplicaciones relacionadas con la electroluminiscencia, la fotoconductividad, la semiconductividad y otros usos electrónicos; se utiliza en los tubos de las pantallas de televisión y en los recubrimientos fluorescentes.

4.2. TÉCNICAS DE GALVANIZACIÓN

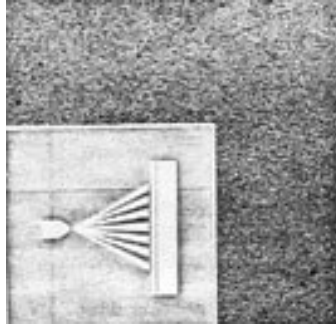
Como hemos visto en el apartado anterior una de las aplicaciones más importantes del Zinc es la de protección del acero frente a la corrosión.

De hecho cada año la industria mundial del zinc produce unos 7 millones de toneladas de este metal donde la mitad de esta cantidad se destina a la protección del acero frente a la corrosión. En Europa se destinan unas 400.000 toneladas de zinc para la protección de piezas y construcciones diversas de acero mediante el procedimiento de la galvanización general y otras 400.000 toneladas para la protección de la chapa de acero en instalaciones de galvanización en continuo. Esta chapa se utiliza para fabricar artículos en grandes series, como es el caso de la industria del automóvil. El resto del zinc se utiliza para la galvanización de alambres y tubos y en la fabricación de latones, piezas de fundición a presión y en la industria química.

En función de las técnicas utilizadas podemos distinguir diferentes procedimientos de protección mediante el uso del Zinc:

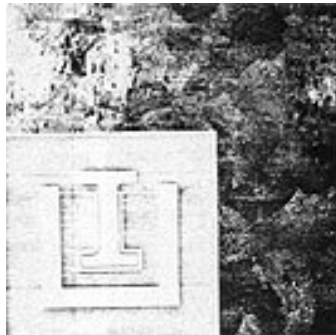
- **Metalización con zinc o zincado por proyección**

Procedimiento de obtención de recubrimientos de zinc sobre superficies previamente preparadas por granallado, mediante la proyección de zinc semifundido con ayuda de una pistola atomizadora alimentada con alambre o con polvo de zinc. (UNE 22063:1993)



- **Galvanización en caliente en discontinuo**

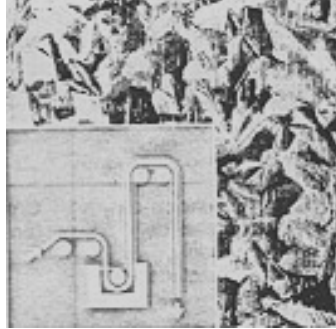
Procedimiento para obtener recubrimientos de zinc sobre piezas y artículos diversos mediante inmersión de los mismos, aisladamente o en lotes, en un baño de zinc fundido. Galvanización de piezas diversas según UNE EN ISO 1461:1999. Galvanización de tornillería, según UNE 37-507. Galvanización de tubos, según UNE 37-505 y UNE EN 10.240.



- **Galvanización en continuo**

Procedimientos de obtención de recubrimientos de zinc en productos tales como la chapa (UNE 36-130:1991 y su modificación UNE 36-130/1M:1996, así como UNE 36-137:1992 y su modificación UNE 36-137/1M:1996), y el alambre (UNE EN 10.244-2 y UNE 37-; 506), en los que

estos productos se hacen pasar de manera continua por un baño de zinc fundido.



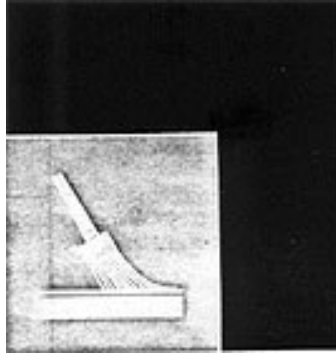
- **Depósitos metálicos a partir de polvo de zinc (Plaqueado mecánico/sherardización).**

Procedimientos para obtener depósitos de zinc o de aleaciones Zn/Fe sobre pequeñas piezas mediante tratamiento de las mismas con polvo de zinc en tambores giratorios, a temperaturas inferiores a la de fusión del zinc. Sherardización según EN; 13811 y recubrimiento mecánico según EN ISO 12683.



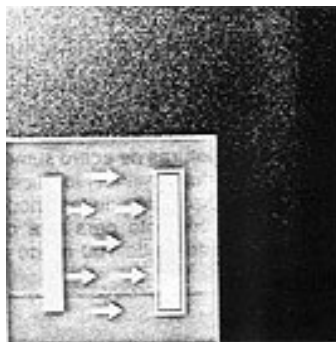
- **Pinturas de polvo de zinc**

Pinturas pigmentadas con suficiente cantidad de polvo de zinc como para que aplicadas sobre las piezas a proteger, una vez secas, formen un recubrimiento conductor de la electricidad.; Zinc en polvo: ISO 3549.



- **Depósito electrolítico de zinc o zincado electrolítico**

Procedimiento de obtención de recubrimientos de zinc sobre piezas diversas mediante electrolisis de sales de zinc en disolución acuosa. Predominantemente se utilizan electrolitos ácidos, pero también pueden ser básicos, con o sin cianuros. Procedimiento en discontinuo: UNE 112-036:93
Procedimiento continuo: UNE EN 101.152.

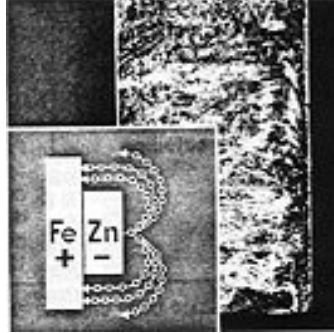


- **Protección catódica**

Procedimiento basado en el contacto eléctrico de las piezas a proteger con un ánodo de zinc, en presencia de un electrolito. En estas condiciones el metal menos noble (ánodo de sacrificio de zinc) se va

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

disolviendo lentamente, preservando del ataque corrosivo a la pieza de acero a la que está conectada. ánodos de sacrificio: EN 12496.



Todas estas características quedan recogidas en la siguiente tabla:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

PROCEDIMIENTOS	Espesor normal (µm)	Aleación con el acero base	Composición del recubrimiento	Procedimiento de obtención	Tratamientos Posteriores	
					Normal	Posible
Galvanización en caliente - Norma base UNE 37-501:1988 a) En discontinuo: - Piezas y artículos diversos: UNE EN ISO 1461 - Tornillería: UNE 37-507 - Tubos: UNE EN ISO 10:240 y UNE 37-505 b) En continuo: - Banda galvanizada. UNE 36-130:1991, UNE 36-130/1 M:1996, UNE 36-137:1992 y UNE 36-137/1 M:1996 - Alambre galvanizado: EN 10.244-2 y UNE 37-506	50-150	Sí	Varias capas de aleaciones Zn-Fe y una capa externa de zinc	Inmersión en un baño de zinc fundido	-	Pintado Aleación* (Galvannealed)
	20-60	Sí				
	50-100	Sí	Una capa muy reducida de aleaciones Zn-Fe y una capa externa de zinc	Paso e continuo a través de zinc fundido	Cromatado	
	20-40	Sí				
	5-30	Sí			-	
Metalización con zinc UNE 22063:1993	80-150	No	Depósito de gotitas de zinc con película de óxido	Proyección de zinc fundido	Sellado con lacas penetrantes	Pintado
Zincado electrolítico - En discontinuo: UNE 112-036:1993 - En continuo: UNE EN 101.152	5-25	No	Zinc puro	Depósito de zinc mediante corriente eléctrica en electrolitos acuosos	Cromatado	Pintado
	2,5-5	No				
Recubrimientos con polvo de zinc a) Sherardización: pr EN 13811 b) Recubrimiento mecánico ("Mechanical Plating") EN ISO 12683	15-25	Sí	Capas de Aleaciones zinc - hierro	Difusión zinc acero por debajo de la temperatura de fusión del zinc	-	Pintado
	10-20	No	Depósito homogéneo de cinz. Normalmente sobre capa intermedia de cobre	Impactos de bolitas de vidrio mezcladas con polvo de cinz	Cromatado (en parte)	Pintado
Pinturas de polvo de zinc - Zinc en polvo: ISO 3549	Delgada: 10-20 Normal: 40-80 Gruesa: 60-120	No	Pigmentos de zinc en polvo con aglutinantes	Aplicación con brocha, rodillo por pistola o inmersión	Recubrimientos de acabados compatibles	
Protección catódica Pr EN12496	Para la protección catódica o de sacrificio de estructuras de acero sumergidas o enterradas se utilizan ánodos de zinc de elevada pureza (99,995%) El funcionamiento eficaz del ánodo requiere un buen contacto eléctrico con el acero. La velocidad de disolución de los ánodos de zinc en agua de mar es de 12 Kg/amperio-año. La densidad media de corriente para una correcta protección del acero desnudo es de unos 0,10 A/m². Por ello la protección de 100 m² de acero desnudo requiere unos 120 Kg/año de zinc.					
*Transformación de la capa de cinz en aleaciones Zn-Fe por tratamiento térmico.						
Publicado por: ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DE GALVANIZACION. Pº de la Castellana, 143 -1º A. 28046 Madrid Tel: 91 571 47 65 Fax: 91 571 45 62						

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Teniendo en cuenta que las técnicas más utilizadas hoy en día son el galvanizado por inmersión en caliente y el galvanizado electrolítico se presenta a continuación una nueva tabla donde se reflejan las principales diferencias entre dichas técnicas:

<u>Galvanizado por inmersión en caliente</u>	<u>Galvanizado electrolítico</u>
El espesor de capa de zinc que se puede conseguir está entre 50 y 200 micras. (A mayor espesor mayor vida útil)	El espesor de zinc es una fina capa de aprox. 10 micras.
El revestimiento de zinc es por inmersión en zinc fundido a 450° C.	El revestimiento es por electrólisis en un baño químico a 25° C.
El zinc recubre toda la pieza tanto externa como interna, por mas compleja que sea la estructura.	Algunas partes quedan sin revestimiento de cinc, por ejemplo: materiales de superficie rugosa, o cañerías.
En el caso de raspones se produce un taponamiento por reacción química de la superficie dañada..	Ante una raspadura el material queda sin protección, al no existir capas intermedias.
Adherencia por aleación con el acero.	No se alean con el acero.
Protección catódica.	Sin protección catódica.
Excelente resistencia a la abrasión.	Buena resistencia a la abrasión.
Muy larga duración.	Duración variable.

5. GALVANIZACIÓN EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

5.1. MECANISMO DE GALVANIZACIÓN

El procedimiento por el cual los recubrimientos galvanizados se obtienen mediante inmersión de las piezas o construcciones de acero en zinc fundido recibe el nombre de “galvanización en caliente”. Los recubrimientos de este tipo cubren la totalidad de las superficies de las piezas, incluidas las superficies interiores de los cuerpos huecos, y quedan perfectamente adheridos a la superficie del acero a través de una serie de capas de aleaciones zinc-hierro, que proporcionan además una gran dureza y una excelente resistencia a la abrasión.

La galvanización toma su nombre de Luigi Galvani (1737-1798), uno de los primeros científicos interesados en la electricidad. La galvanización se denomina de esta manera porque cuando el zinc y el acero se ponen en contacto mutuo en un medio húmedo se produce una diferencia de potencial eléctrico. Si el recubrimiento de zinc, que aísla al acero del contacto con el ambiente, se daña en algún punto, esta diferencia de potencial dará lugar a una pila de corrosión en la que el zinc constituirá el ánodo de la pila y el acero el cátodo. En estas circunstancias el zinc se oxidará, mientras que el acero permanecerá inalterado.

En 1741 un químico francés llamado Melouin descubrió que los recubrimientos de zinc protegían al acero de la oxidación, aunque no pudo aclarar el motivo. En 1837 el ingeniero francés Sorel patentó la galvanización en caliente. Sorel utilizó el término “galvanización” porque comprendió que

era una corriente galvánica la que protegía al acero, incluso aunque el recubrimiento tuviera alguna discontinuidad.

Aunque este procedimiento se ha utilizado comercialmente desde entonces, todavía hoy es uno de los sistemas de protección del acero técnicamente más avanzados. Todos los procedimientos de protección del acero se basan en interponer una barrera aislante o establecer una célula galvánica. La galvanización ofrece ambos mecanismos de protección en un solo producto.

El procedimiento de galvanización es sencillo pero los procesos metalúrgicos que tienen lugar durante el mismo son bastante complicados. Los recubrimientos galvanizados se forman por reacción del zinc fundido con el acero. Para que esta reacción tenga lugar es necesario que las superficies de los materiales estén perfectamente limpias, para que puedan ser mojadas por el zinc fundido. Por ello, las primeras etapas del proceso de galvanización tienen por finalidad la obtención de una superficie del acero químicamente limpia, mediante tratamientos de desengrase y de decapado.

A la temperatura normal de galvanización (445°-460°C) el zinc y el acero reaccionan rápidamente mediante difusión intermetálica formando una serie de capas de aleación con distinta composición. Las piezas se extraen del baño de galvanización cuando se considera que la reacción se ha completado (normalmente después de unos pocos minutos). Aunque el recubrimiento de zinc queda ya formado en este periodo de tiempo, su estructura interna sigue evolucionando mientras el material está caliente. La siguiente figura muestra el aspecto de un corte transversal del recubrimiento galvanizado observado mediante un microscopio metalográfico.

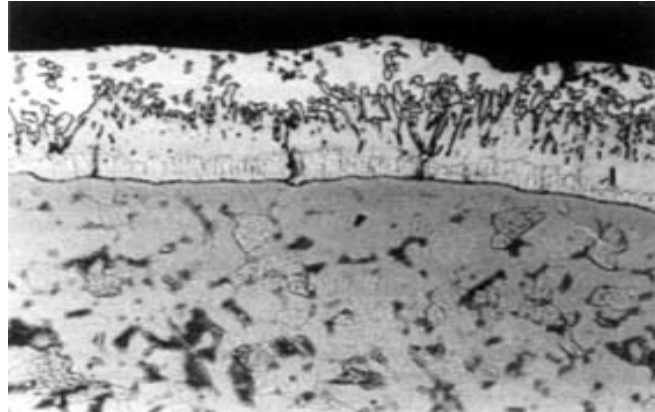


Figura 1. Micrografía de un corte transversal de un recubrimiento galvanizado

Como puede observarse, la estructura es muy complicada. El acero base de la pieza está en la parte inferior de la fotografía. La capa delgada inmediatamente encima del mismo se conoce como capa Gamma y tiene un espesor aproximado de un micrómetro ($1 \mu\text{m}$), que equivale a $0,001\text{mm}$. Esta capa está constituida por una aleación de hierro y zinc que contiene un 25% de hierro. La capa siguiente es la capa Delta, que está formada por una aleación que tiene un 10% de hierro aproximadamente. La capa más gruesa, en la que pueden verse claramente cristales metálicos alargados orientados hacia el exterior, es la capa Zeta, que contiene un 6% de hierro. Finalmente, la capa más externa, denominada Eta, está constituida por zinc prácticamente puro. Es fácil de comprender la estructura del recubrimiento si consideramos que las capas Gamma, Delta y Zeta son “capas de aleaciones” y es útil saber que estas capas proporcionan al recubrimiento varias de sus características más interesantes.

Los recubrimientos galvanizados recién obtenidos presentan normalmente un aspecto metálico brillante muy característico. Este brillo va desapareciendo con el tiempo hasta adquirir un color gris metálico mate. Este cambio se debe a la reacción entre el zinc y el aire, que da lugar a la formación de una fina capa de hidróxidos y carbonatos básicos de zinc, que

se conoce como capa de pasivación y que constituye una barrera que aísla la superficie del zinc del medio ambiente. Esta capa es muy fina y muy difícil de detectar con el microscopio óptico.

5.2. CONDICIONES NECESARIAS DEL MATERIAL PARA SER GALVANIZADO

5.2.1. Composición del acero

La composición química del acero tiene una influencia muy marcada sobre la reactividad del hierro con el zinc fundido. Por ejemplo existen determinadas concentraciones de silicio que favorecen muy acusadamente esta reactividad y dan lugar a recubrimientos más gruesos, por la generación de mayor proporción de aleaciones zinc-hierro. Existen otros casos extremos donde la totalidad del recubrimiento puede llegar a estar constituido por estas aleaciones. Debido al mayor espesor de estos recubrimientos aleados proporcionan una protección frente a la corrosión más prolongada (Fig. 2). Como contrapartida, si aumenta mucho el espesor de las aleaciones zinc-hierro, puede producirse el debilitamiento de la cohesión del recubrimiento.

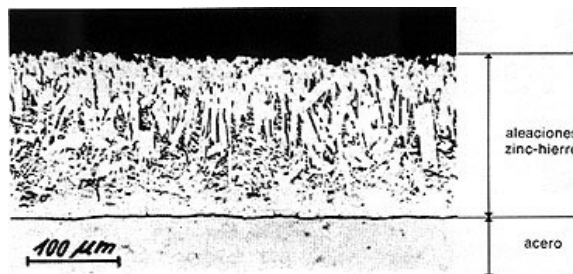


Fig. 2 Micrografía de un corte transversal de un recubrimiento galvanizado formado casi exclusivamente por cristales muy desarrollados de aleaciones de Zn-Fe

Influencia del silicio

Es un hecho bien conocido el papel decisivo que tiene el silicio presente en el acero sobre las reacciones hierro-zinc durante la galvanización en caliente. Cuando el acero tiene un contenido de silicio comprendido entre, aproximadamente, 0,04% y 0,12% y también por encima de 0,25%, se produce un crecimiento acelerado de las aleaciones zin-hierro (efecto Sandelin). La Fig. 3 muestra esta relación. En estos casos se forman recubrimientos galvanizados apreciablemente más gruesos, que normalmente presentan un aspecto gris oscuro mate.

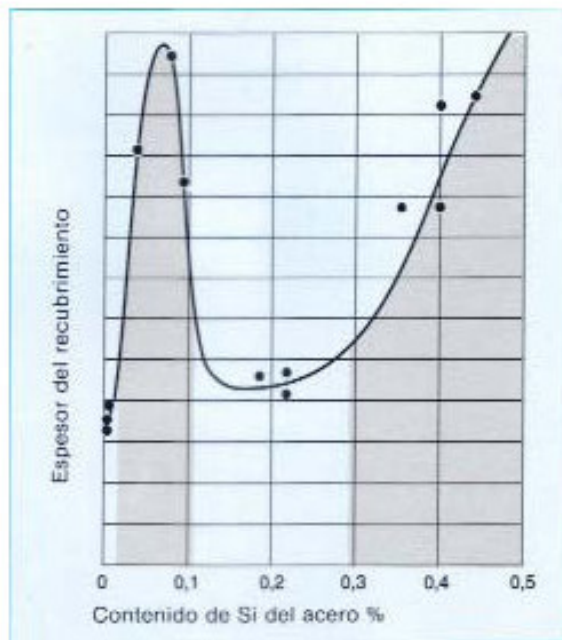


Fig.3. Influencia del contenido en silicio del acero sobre el espesor del recubrimiento galvanizado

Este aspecto puede afectar a toda la superficie de manera uniforme o tomar una configuración reticular como se puede observar en la figura 4.



Fig. 4 Configuración reticular en el acero galvanizado

Influencia del fósforo

Investigaciones recientes han demostrado que cuando el contenido de silicio está por debajo de la denominada región de Sandelin (<0,03% Si), el contenido de fósforo del acero juega también un papel importante sobre su reactividad frente al zinc.

Empíricamente se ha establecido la siguiente fórmula para evaluar la reactividad de los aceros de bajo contenido de silicio en la galvanización:

$$\%Si + 2,5 \cdot \%P \leq 0,09\%$$

Esto significa que para evitar los recubrimientos galvanizados oscuros y mates deben seleccionarse aceros cuyo porcentaje de silicio, sumado al de fósforo multiplicado por el factor 2,5, no supere el valor 0,09%. La influencia

del fósforo es solamente relevante en los aceros de bajo contenido en silicio. En aceros altos en silicio (>0,12%), los contenidos de fósforo normalmente presentes en los mismos tienen una influencia despreciable sobre el comportamiento de estos aceros en la galvanización.

5.2.2. Condiciones relativas al estado superficial del acero

Para el adecuado resultado del proceso de galvanización son de gran importancia tanto la composición química del acero con el que están fabricadas las piezas que se galvanizan (como hemos visto en el apartado anterior) como el estado de la superficie de las mismas. Estos factores afectan a la calidad, estructura y espesor del recubrimiento que se obtiene sobre dichas piezas. Para conseguir un buen recubrimiento galvanizado el cliente debe presentar las piezas adecuadamente preparadas y la forma y diseño de las mismas deben ser apropiados para el proceso de galvanización.

Una superficie de acero metalúrgicamente limpia es el punto de partida indispensable para una correcta galvanización. Sin embargo, la superficie de los artículos que se llevan a galvanizar está frecuentemente manchada o cubierta con sustancias contaminantes o productos de corrosión, como consecuencia de los procesos de fabricación a los que han sido sometidos y de su manipulación.

Las sustancias contaminantes más corrientes son grasas y aceites, jabones, polvo, restos de capas de pintura y residuos de productos utilizados en operaciones mecánicas o de soldadura. Los productos de corrosión más

frecuentes son la herrumbre y la calamina, que se forman por oxidación superficial del acero. El tratamiento de preparación superficial que se realiza como parte del proceso de galvanización, el decapado en ácido clorhídrico diluido, elimina por completo los productos de corrosión, pero no así algunas de las sustancias contaminantes.

Por otra parte, las irregularidades superficiales del acero, tales como arañazos, indentaciones, etc., pueden ocasionar una reacción más intensa del zinc con el metal de base, dando lugar en estas zonas a recubrimientos más gruesos o que resaltan más a la vista.

ELIMINACIÓN DE LAS SUSTANCIAS CONTAMINANTES

Aceites y grasas

Aunque algunas instalaciones de galvanización disponen de baños de desengrase, es preferible que los fabricantes eviten la contaminación de las piezas con aceites o grasas y si esto fuera inevitable por ser necesario para el proceso de fabricación, en este caso se recomienda la utilización de aceites y grasas fácilmente emulsionables. Los restos de aceites y grasas que queden sobre la superficie del acero pueden ocasionar defectos en el recubrimiento galvanizado (zonas sin recubrir) (figura 5)



Fig. 5: Residuos de grasa quemados alrededor de una soldadura de un contenedor (antes de la galvanización) pueden producir defectos en el recubrimiento

Escorias y productos de soldadura

En la soldadura con electrodos recubiertos se producen escorias de aspecto vítreo sobre el cordón de soldadura, que se eliminan con dificultad. Estos residuos deben eliminarse para que no originen defectos en el recubrimiento galvanizado (Fig. 6). Su limpieza corresponde al suministrador de las piezas.



Fig. 6: Defectos en el recubrimiento galvanizado provocados por la escoria de soldadura no eliminada

En la soldadura con gases protectores no se producen prácticamente residuos de escoria, pero, según sea el proceso concreto de soldadura, pueden quedar en los bordes del cordón pequeños residuos vítreos de color marrón, compuestos principalmente por silicatos de manganeso, que pueden dar lugar también a defectos en el recubrimiento galvanizado similares a los que produce la escoria normal.

Restos de pintura y marcas

Las piezas de acero se identifican normalmente mediante marcas de colores. También puede ocurrir que se desee proteger mediante galvanización una construcción que haya estado total o parcialmente pintada y que tiene todavía restos de pintura. Para conseguir un recubrimiento galvanizado sin defectos es necesario eliminar completamente estas marcas y residuos de pintura (Fig. 7). Para ello puede utilizarse el chorro de arena, la piedra esmeril, los decapantes de pintura e, incluso, quemarlos con un soplete. Existen en el mercado pinturas solubles en agua para realizar marcas de identificación que son muy apropiadas en este caso, ya que desaparecen durante el tratamiento de decapado. Cada vez se restauran con más frecuencia puertas, rejas, vallas, etc., antiguas, de cerrajería más o menos artística y con mucha frecuencia se decide protegerlas de una manera definitiva mediante la galvanización en caliente. En estos casos es muy importante eliminar completamente las viejas capas de pintura, especialmente de rincones y ángulos. Problemas particulares presenta la limpieza de las uniones remachadas o similares, en donde puede resultar complicado la eliminación de la pintura vieja de las hendiduras y resquicios. Puede ser una tarea trabajosa, pero merece la pena.



Fig. 7: Defecto por haber realizado marcas con pinturas que no se han eliminado previamente

RUGOSIDAD SUPERFICIAL

La composición química del acero influye decisivamente sobre el espesor y la estructura de los recubrimientos galvanizados, pero también tiene una influencia notable la rugosidad superficial, aunque, con frecuencia, no se tome este factor suficientemente en consideración.

Las superficies con elevado grado de rugosidad superficial, como el que se produce al chorrear con materiales abrasivos, dan lugar normalmente a espesores más gruesos de recubrimientos galvanizados, debido a que estas superficies presentan, por una parte, mayor área de reacción con el zinc y, por otra, a que retienen más zinc fundido cuando las piezas se extraen del baño de galvanización.

La utilización de partes viejas (oxidadas) en una construcción metálica, en combinación con otras de acero nuevo, puede tener por

resultado que se produzcan diferencias de aspecto en el recubrimiento galvanizado claramente apreciables a simple vista. Esto ocurre porque el zinc no iguala completamente la rugosidad que adquieren las superficies de acero que han sufrido oxidación avanzada (Fig. 8).



Fig. 8: Construcción fabricada en parte con material viejo. Se aprecian claramente las marcas de la herrumbre.

MATERIALES

El empleo de distintas clases de acero en una misma construcción metálica puede dar lugar a diferencias en el aspecto del recubrimiento galvanizado que se obtiene sobre cada una de ellas, debido a las diferencias de composición química. Lo mismo ocurre cuando en una fabricación de acero común se incluyen partes de fundición, acero inoxidable u otros metales. En determinados casos pueden formarse sobre estas partes recubrimientos defectuosos, o no llegar ni siquiera a formarse. Por ello, cuando se desee hacer alguna combinación de materiales en una misma construcción metálica es aconsejable consultar previamente con el galvanizador.

INCLUSIONES, PLIEGUES, ESTRIACIONES

En la laminación de los perfiles de acero pueden producirse en algunos casos defectos superficiales, tales como inclusiones, pliegues, estriaciones, etc.

Estos defectos son apenas visibles a simple vista, pero durante el proceso de galvanización el zinc líquido penetra en estas zonas en donde hay un solape de material y, debido a la formación de las capas de aleaciones zinc-hierro, se levantan los bordes de estos solapamientos y se hacen claramente visibles (Fig. 9). En las superficies galvanizadas estos defectos se manifiestan como gránulos picudos.



Fig.9: Sección transversal de un pico Formado por una estriación (x 2000)

5.2.3.Reglas básicas para el diseño y fabricación

A la hora de diseñar y fabricar artículos que vayan a galvanizarse en caliente, deben tenerse en cuenta algunas reglas básicas las cuales pueden ser divididas entre:

- Aquellas que tienen por finalidad obtener recubrimientos galvanizados de la mejor calidad posible, lo que se conseguirá si el zinc fundido puede llegar a todas las superficies de las piezas, tanto externas como internas, y si éstas no presentan zonas en donde puedan producirse acumulaciones de ácido o de cenizas.
- Otras reglas que tienen por objeto garantizar la seguridad de los operarios del taller de galvanización. Los perfiles huecos y las cavidades cerradas son especialmente peligrosos, porque pueden dar lugar a explosiones en el crisol de galvanización, con proyección violenta de zinc fundido y el consiguiente riesgo de grave daño para los operarios.

Estas reglas pueden resumirse en:

1º. Pueden galvanizarse todas las clases de acero suave, algunos aceros poco aleados, las fundiciones de hierro y la fundición de acero.

2º. Pueden galvanizarse piezas con una gran variedad de formas, tamaños y pesos, pero conviene consultar cuando se trate de alguna fabricación especial.

3º. Seguir las recomendaciones sobre la disposición de los agujeros de respiración en los perfiles y en los cuerpos huecos.

4º. Prever una holgura adicional de 4 veces el espesor del recubrimiento galvanizado en la tornillería y en las partes roscadas y una holgura adicional de 1mm en las partes de las piezas que vayan a estar acopladas a otras y deban mantener su movilidad.

5º. No galvanizar piezas soldadas con soldadura blanda, porque fallarán las uniones ni utilizar durante la soldadura eléctrica por arco productos antisalpicaduras que contengan silicona, porque el recubrimiento galvanizado no se formará correctamente sobre las zonas en donde se hayan aplicado.

6º. Eliminar mediante chorreado con granalla la arena de moldeo adherida a las piezas de fundición. porque el recubrimiento galvanizado no se forma sobre ella.

7º. Evitar en lo posible las superficies solapadas. Si no fuera posible, tener en cuenta las recomendaciones de diseño para facilitar la ventilación en estas zonas.

8º. No se aconseja galvanizar construcciones que sean muy robustas en un plano y muy débiles en otros, ya que pueden sufrir distorsiones.

A continuación haremos especial hincapié en aquellos cuerpos huecos y construcciones tubulares ya que existe la posibilidad de que se produzcan sobrepresiones durante la inmersión el baño de zinc y también describiremos como deben ser las uniones soldadas de las piezas a galvanizar.

Cuerpos huecos y construcciones tubulares

El procedimiento de galvanización implica la inmersión de las piezas en una serie de baños líquidos, como son los de desengrase, decapado, enjuagado, prefluxado y el propio baño de galvanización. En la galvanización de depósitos, construcciones tubulares y cuerpos huecos en general estos

líquidos deben poder acceder a toda la superficie externa e interna de los mismos, incluidas las esquinas, cavidades y rendijas.

Para que esto sea posible, las piezas huecas deben construirse de manera que, cuando se sumerjan en los mencionados baños, los líquidos puedan penetrar fácilmente en las zonas huecas y el aire contenido en las mismas sea expedito totalmente y no quede ocluido en bolsas o rincones.

Igualmente estos líquidos deben poder drenar fácilmente cuando las piezas se extraigan de los correspondientes baños. La oclusión de cualquier solución acuosa en algún compartimento del cuerpo hueco puede producir una explosión durante la inmersión del mismo en el baño de zinc a 450°C, debido a la elevada sobrepresión que alcanza el vapor de agua a esta temperatura (Fig. 10)



Fig. 10. Unión de perfiles huecos rectangulares que ha reventado en el baño de galvanización, por no haber practicado en la misma orificios de ventilación

Por tanto para conseguir un recubrimiento galvanizado de calidad sobre las construcciones tubulares, es preciso disponer orificios de ventilación y drenaje en las posiciones adecuadas.

A la hora de seleccionar los puntos en donde realizar los mencionados orificios, hay que tener en cuenta la posición en que la pieza entrará en el baño de galvanización, que normalmente es formando un cierto ángulo con la horizontal (Fig.11). Por ello, los orificios se practican normalmente lo más cerca posible de los ángulos y esquinas. Lo más recomendable es realizar los orificios sobre los tubos antes de ensamblarlos para formar la construcción, ya que, en muchos casos, no sería posible practicarlos posteriormente en los lugares adecuados. El tamaño de los orificios depende del volumen de aire que tiene que pasar a su través, lo que, a su vez, depende de la longitud y del diámetro de los tubos.

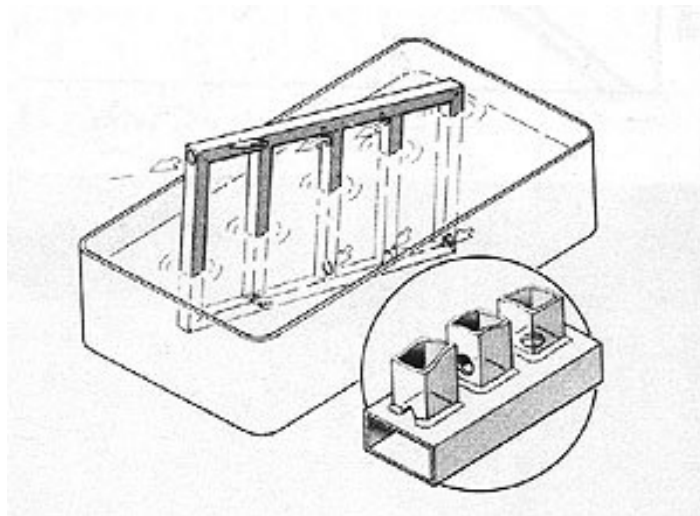


Fig. 11. Diferentes disposiciones de los orificios de ventilación en las construcciones con perfiles huecos

Uniones soldadas ante la galvanización

Cuando una estructura o construcción metálica desee protegerse por galvanización en caliente, conviene tenerlo en cuenta desde la etapa inicial de proyecto, con objeto de que se diseñe de tal manera que se eviten o

reduzcan al mínimo los riesgos de deformaciones provocadas por las tensiones internas y las dilataciones que tienen lugar a la temperatura de galvanización.

En las construcciones soldadas que vayan a ser galvanizadas lo más importante es que las tensiones internas que se introducen durante el proceso de soldadura sean lo más bajas posibles, dado que en la mayoría de los aceros su límite elástico se reduce hasta aproximadamente la mitad de su valor normal cuando se calientan a la temperatura de galvanización de 450°C. También desciende significativamente el módulo de elasticidad al elevarse la temperatura como puede observarse en la siguiente figura.

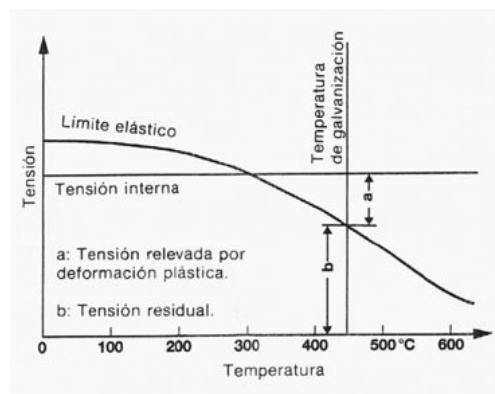


Fig. 12. Variación del límite elástico del acero con la temperatura

Las construcciones soldadas que hayan sufrido deformaciones por causa de las tensiones introducidas durante la soldadura pueden enderezarse mediante calentamiento cuidadoso de las zonas apropiadas o mediante gatos hidráulicos en frío. Esta operación supone un coste, por lo que conviene saber que muchas veces puede no merecer la pena realizarla antes de enviar las piezas para su galvanización, porque a la temperatura del baño de zinc se pueden producir nuevos aliviados de tensiones que tengan como consecuencia nuevas distorsiones.

Deben evitarse en lo posible las uniones en las que queden superficies solapadas, porque entre ellas quedan resquicios en los que penetran los líquidos de preparación superficial, los cuales se vaporizan rápidamente al sumergir las piezas en el baño de zinc y crean una sobrepresión en dichas rendijas que impide la entrada en las mismas del zinc fundido, quedando, por lo tanto, sin proteger (Fig. 13). Caso de que no puedan evitarse las uniones solapadas, deben cerrarse a lo largo de su contorno mediante un cordón de soldadura continuo.

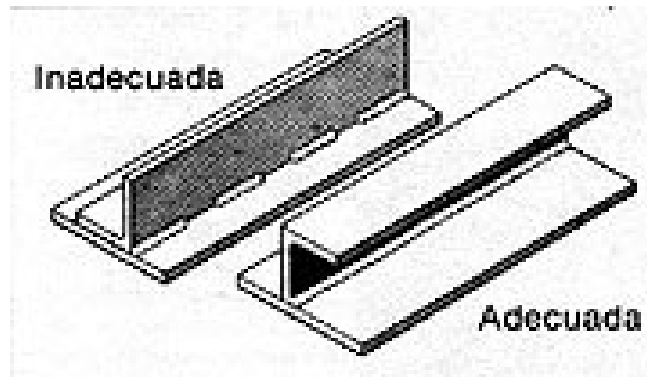


Fig. 13 Deben evitarse en lo posible las uniones con superficies solapadas

Si se sospecha que pueden producirse distorsiones en la galvanización, debe procurarse que el diseño incluya la menor cantidad posible de uniones soldadas. El ejemplo de la fig. 14 muestra que hay siempre varias soluciones para un mismo problema de resistencia. Las soluciones a) y b) son ambas apropiadas desde el punto de vista de su aptitud para la galvanización. La solución c) daría lugar probablemente a distorsión tanto durante la soldadura como en la galvanización. La solución d) es buena desde el punto de vista resistente, pero implica demasiada soldadura.

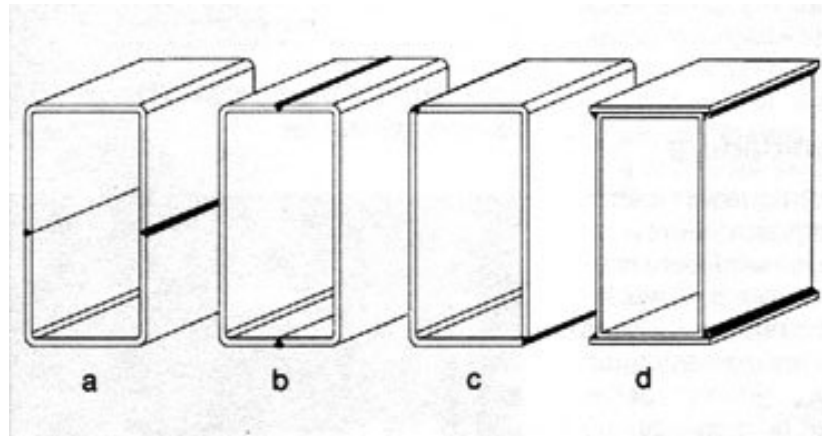


Fig. 14 *Diseño de vigas cajón soldadas. Diseños (a) y (b) aceptables. Diseños (c) y (d) no recomendables*

Una regla básica en el diseño de construcciones soldadas en general y de las que vayan a galvanizarse, en particular, es que las uniones se sitúen, en la medida de lo posible, en el centro de gravedad de la estructura. Si ello no fuera posible, las costuras deben situarse en posición simétrica y equidistante del centro de gravedad.

5.3. PROPIEDADES DEL GALVANIZADO

A continuación se describen las propiedades principales que presentan los recubrimientos galvanizados.

Larga duración

Como regla general, se acepta que la duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados, en un ambiente determinado, es directamente proporcional al espesor de los mismos. Esta duración puede

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

estimarse con bastante aproximación tomando como guía los valores medios de pérdidas anuales de masa o de espesor que experimentan estos recubrimientos y que se recogen en la norma internacional UNE EN ISO 14713 para determinados ambientes típicos.

Categoría de corrosividad	Ambiente	Velocidad de Corrosión del Zinc ($\mu\text{m}/\text{año}$)
C1	Interior: seco	$\leq 0,1$
C2	Interior: condensación ocasional Exterior: rural en el interior del país	0,1 a 0,7
C3	Interior: humedad elevada, aire ligeramente contaminado. Exterior: urbano en el interior del país o costero de baja salinidad	0,7 a 2
C4	Interior: piscinas, plantas químicas, etc. Exterior: industrial en el interior del país o urbano costero	2 a 4
C5	Exterior: industrial muy húmedo o costero de elevada salinidad	4 a 8

Según estos datos, un recubrimiento galvanizado con un espesor medio de 80 micras podría durar sin necesidad de mantenimiento más de

100 años en atmósferas urbanas, ligeramente industriales o marítimas suaves, entre 20 y 40 años en ambientes industriales no húmedos o urbanos marítimos y entre 10 y 20 años en atmósferas industriales muy húmedas o ambientes marítimos con elevado grado de salinidad.

A continuación se presentan los anteriores límites de forma gráfica en la siguiente figura:

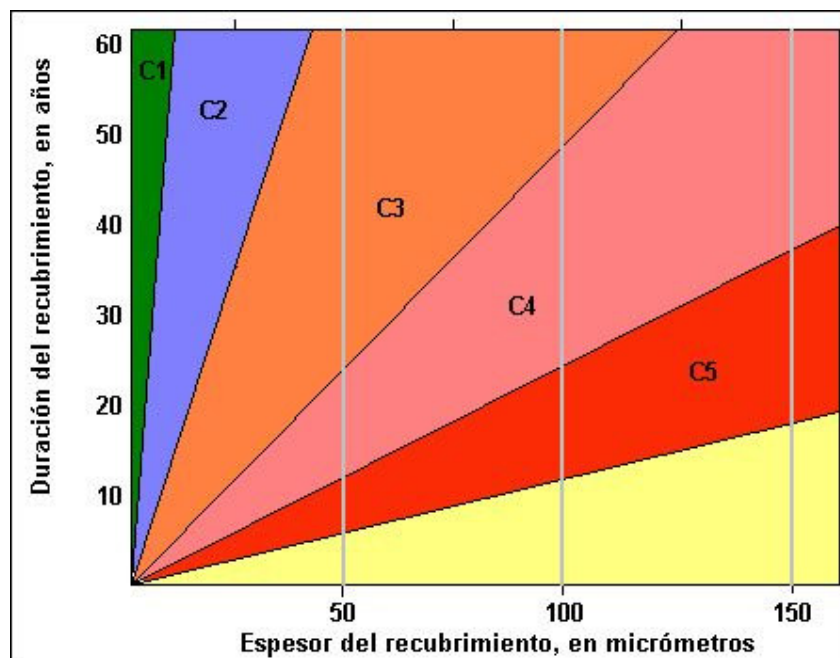


Fig. 15 Duración del recubrimiento en función del espesor del mismo

Mantenimiento innecesario

La elevada duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados, que supera frecuentemente la vida en servicio prevista para las instalaciones, hacen innecesario, en la mayoría de los casos, el mantenimiento de las construcciones de acero galvanizado.

Las construcciones de acero galvanizado, como las líneas de electrificación de los ferrocarriles, o las líneas de transporte de energía, no necesitan normalmente mantenimiento alguno a lo largo de toda la vida en servicio de las mismas.

Versatilidad

La galvanización en caliente es un procedimiento de gran versatilidad de aplicación. Sirve tanto para la protección de productos siderúrgicos tales como la banda, el alambre o los tubos, como para la protección de toda clase de piezas o artículos de acero; para pequeñas piezas, como clavos y tornillos, hasta grandes elementos estructurales; para piezas que presenten rendijas estrechas, rincones y partes ocultas ya que al tratarse de una inmersión la totalidad de la superficie quedará recubierta.

Fiabilidad

La galvanización en caliente es un proceso sencillo y perfectamente controlado, que permite obtener recubrimientos de cinc de calidad y espesor regulados sobre prácticamente cualquier artículo o pieza de hierro o acero. Los recubrimientos galvanizados en caliente son uno de los pocos sistemas de protección del acero que están perfectamente especificados por las normas nacionales e internacionales. Las principales normas españolas sobre recubrimientos galvanizados en caliente son las siguientes:

UNE 37 501: 88 Galvanización en caliente, características y métodos de ensayo.

UNE 37 502: 83 Alambres de acero galvanizados en caliente. Condiciones técnicas de suministro.

UNE 36 130: 91 (EN 10 142) Bandas de acero bajo en carbono galvanizadas en continuo por inmersión en caliente para conformación en frío.

UNE 36 130 (EN 10 147) Bandas de acero de construcción galvanizadas en continuo.

UNE 112 007: 02 Alambre galvanizado para usos generales. Calidades y características generales.

UNE 37 507 Recubrimientos galvanizados de tortillería.

UNE EN ISO 1461: 99 Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y aceros. Especificaciones y métodos de ensayo.

UNE-EN 1179:96 Cinc y aleaciones de cinc. Cinc primario.

UNE 36 801: 92(EN 10204, ISO 10474) Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección.

UNE-EN ISO 2178: 96 Recubrimientos metálicos no magnéticos sobre metal base magnético. Medida del espesor. Método magnético.

Tenacidad

El proceso de la galvanización en caliente produce un recubrimiento de cinc que está unido metalúrgicamente al acero de base a través de una serie de capas de aleaciones cinc-hierro. Esta característica es la que confiere al acero galvanizado su elevada resistencia a los golpes y a la abrasión, que es de gran importancia para evitar el deterioro del recubrimiento durante el manejo, transporte, almacenamiento y montaje del material galvanizado.

El acero galvanizado puede sufrir daños mecánicos, pero la protección que proporciona el recubrimiento galvanizado permanece. En

este recubrimiento de estructura compleja la capa externa de cinc puro amortigua los golpes, y las capas de aleación, que son más duras que el propio acero proporcionan la tenacidad.

Dureza

Esta se debe a la especial combinación de propiedades mecánicas que tienen las capas que los componen. La figura muestra un diagrama de la dureza de estas capas, expresada en unidades Vickers (Hv).

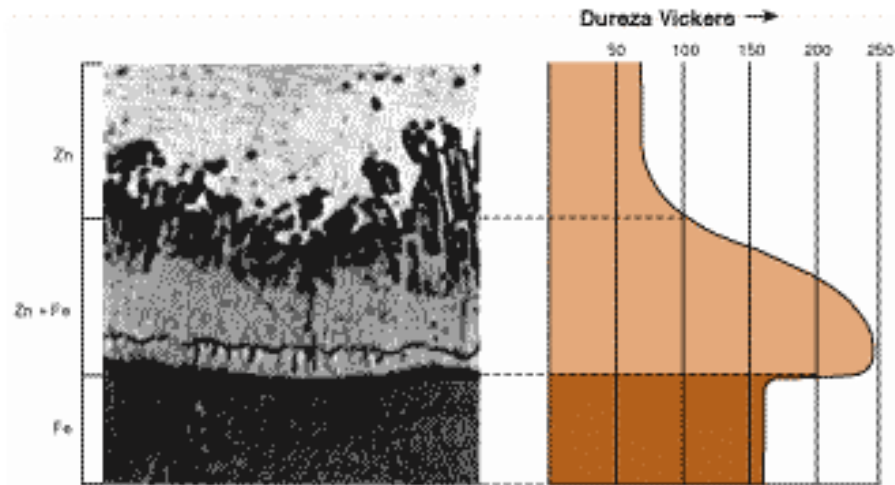


Fig. 16. Dureza Vickers de un recubrimiento galvanizado

La dureza típica de los aceros suaves es de unas 160 unidades de dureza Vickers. Las capas de aleaciones zinc-hierro son bastante más duras, hasta 240 Hv, mientras que la capa externa de zinc es más blanda y dúctil que el acero y que las capas de aleación. Esto significa que cualquier impacto es absorbido normalmente por la capa externa de zinc, que se deforma, mientras que la gran dureza de las capas de aleación proporciona al recubrimiento una elevada resistencia a la abrasión y a los arañazos. Además, si por causa de un golpe fuerte se desprendiera una porción del recubrimiento, siempre quedaría adherida al acero la primera capa de

aleación, la capa Gamma, que está interconectada a nivel atómico con el acero base y que seguirá proporcionando protección electroquímica al mismo.

Pasivado natural

La excelente protección frente a la corrosión que proporcionan los recubrimientos galvanizados se ve favorecida por la presencia sobre los mismos de capas protectoras (capas de pasivación), que se forman por acción del oxígeno y del anhídrido carbónico del aire sobre la superficie del zinc. La formación de estas capas protectoras, que están constituidas principalmente por carbonatas básicos de zinc, requiere la exposición a la atmósfera de los materiales galvanizados durante varias semanas o meses, dependiendo de las condiciones atmosféricas a las que se encuentren expuestos.

Estas capas de pasivación no se forman bien si la superficie del recubrimiento galvanizado recién aplicado queda cubierta por agua poco mineralizada o si el anhídrido carbónico del aire no puede acceder libremente a esta superficie por alguna causa. Cuando ocurre esto, pueden formarse "manchas blancas" sobre la superficie de los materiales galvanizados, constituidas por hidróxido de zinc hidratado, algo de óxido de zinc y proporciones menores de carbonato de zinc.

Para evitar estos casos donde el almacenamiento se realiza en ambientes muy húmedos, las piezas son sometidas al final del proceso a un baño de pasivado.

Fácil de pintar

En determinadas ocasiones es necesario pintar el acero galvanizado, bien sea por motivos decorativos, de señalización, camuflaje, etc., o bien para aumentar la duración de la protección en ambientes muy agresivos. Para conseguir una buena adherencia de las pinturas sobre el acero galvanizado es necesario utilizar sistemas adecuados y atenerse a las recomendaciones para su aplicación que dan los fabricantes de las pinturas.

La combinación de recubrimiento galvanizado más pintura (sistema "dúplex") presenta la ventaja de proporcionar una protección de duración muy superior a la suma de las duraciones de cada recubrimiento por separado, debido al efecto de sellado que producen los productos de corrosión del cinc sobre los poros y grietas que siempre se forman sobre las pinturas como puede observarse en la figura 17.

Para muchos especialistas en protección, la galvanización constituye el tratamiento de base ideal para un sistema de protección de calidad con acabado de pintura, como los que se exigen cada día más en la industrial del automóvil.

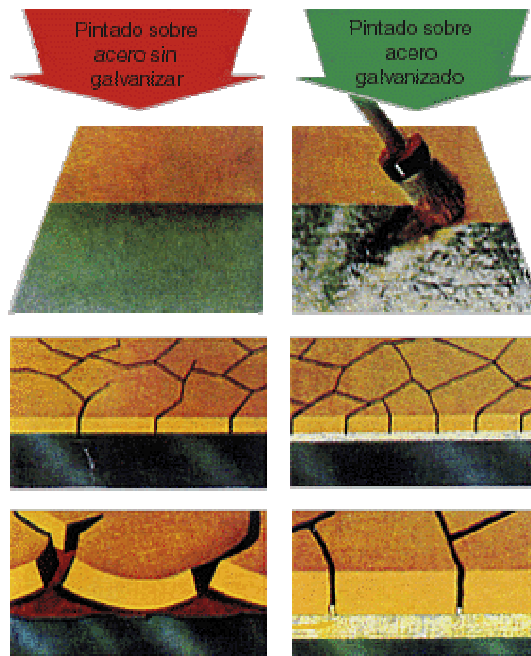


Fig. 17. Comparación entre un acero pintado y un acero galvanizado pintado

Aplicaciones del galvanizado

- **Comunicaciones:** señalización, báculos, vallas de protección, puentes...
- **Eléctrico:** columnas, estaciones transformadoras y complementos...
- **Construcción:** armaduras para hormigón, estructuras en general, amueblado metálico...
- **Ferrocarriles:** vagones contenedores, líneas de tendidos y complementos...
- **Agricultura:** cercados y unidades de almacenamiento, estructura, edificios agrícolas e instalaciones para animales, maquinaria...
- **Minería:** lavaderos, vagonetas, entibación y complementos...

- **Naval y pesquero:** tuberías, contenedores y utillajes de pesca...
- **Sector automovilístico**



Fig. 18. Aplicaciones del recubrimiento galvanizado: ferrocarriles, construcciones eléctricas, sector automovilístico...

5.4. PROTECCIÓN CATÓDICA

Los metales, cuando se encuentran en contacto con una disolución acuosa, o con la simple humedad atmosférica, tienden a oxidarse y a formar iones positivos (cationes). Una medida de esta tendencia a oxidarse lo constituye el "potencial normal" del metal.

La ordenación de los metales de conformidad con la magnitud de sus potenciales normales constituye la llamada serie de potenciales

electroquímicos de los metales. En la Figura 19 se muestra una tabla que constituye una presentación simplificada de dicha serie.

En ella vemos que los metales nobles (por ejemplo, plata y oro), con sus potenciales positivos, se encuentran en la parte derecha de la tabla y que los metales relativamente menos nobles (como magnesio, aluminio y zinc) están situados en la región negativa de la tabla.

Esta tabla muestra claramente que desde el punto de vista electroquímico el zinc es menos noble que el hierro. Esta característica del zinc es de gran valor en el campo de la protección frente a la corrosión.



Fig. 19 Serie de potenciales electroquímicos (simplificada)

Por ejemplo, si en una pieza de acero protegida mediante un recubrimiento galvanizado en caliente se produce cualquier daño localizado

en el recubrimiento que deje al descubierto una pequeña superficie del acero base, si existe suficiente humedad en el ambiente como para que actúe como electrolito, se formará una pila galvánica como consecuencia de la diferencia de potenciales normales existente entre el zinc y el acero (Fig. 20). En esta pila galvánica el zinc, como metal con potencial normal más electromagnético actuará como ánodo de la pila y el acero como cátodo de la misma.

En la reacción electroquímica que se producirá se liberarán iones zinc, que se depositarán en forma de hidróxidos hidratados sobre la superficie del acero al descubierto. Mientras exista zinc metálico alrededor de las zonas desnudas éstas quedarán protegidas por este efecto galvánico que se conoce como "protección catódica". Esta es la razón por la que no se oxidan las pequeñas áreas superficiales de acero que puedan quedar expuestas al medio ambiente como consecuencia de las rozaduras o arañazos sufridos por las piezas de acero galvanizado.



Fig. 20 Efecto de protección catódica de los recubrimientos de zinc

El alcance de la protección catódica proporcionada por los recubrimientos galvanizados sobre las zonas desnudas depende mucho de las condiciones ambientales, del espesor de la capa de zinc y de la conductividad de la película de humedad depositada sobre las mismas, que actúa como electrolito de la pila galvánica que se forma. Como regla general se considera que esta protección de las zonas desnudas se extiende hasta una distancia de los bordes del recubrimiento de zinc de unos 2-3mm. Esto significa que normalmente quedan protegidas mediante protección catódica las raspaduras y arañazos que se produzcan en los recubrimientos galvanizados cuya anchura sea de este mismo orden, cualquiera que sea su longitud. También se benefician de este mismo efecto de protección galvánica, los bordes de los materiales que hayan sido cortados después de su galvanización, situación que se presenta con frecuencia en muchos productos fabricados a partir de chapa previamente galvanizada.

Un caso especial de aplicación de esta propiedad de protección catódica de los recubrimientos es la protección que ofrecen en los bordes de las piezas.

La tecnología de la corrosión nos indica que los bordes de las piezas son mucho más susceptibles de sufrir daños mecánicos y ataques corrosivos que las superficies lisas de las mismas. Por regla general, los recubrimientos protectores convencionales no protegen bien estas partes sensibles de las piezas, por lo que hay que contar con una disminución de la duración de las mismas (Fig. 21), a menos que se tomen medidas especiales.

Reducción de la protección en zonas críticas	
Superficies lisas	0%
Bordes y cavidades	10-20%
Cordones soldadura	30-35%
Tuercas y tornillos	50-60%
Cantos	60%

Fig. 21: Reducción de la protección en zonas críticas de las piezas

Una de las razones de esta menor protección es la "repulsión" que sufren los líquidos a recubrir los bordes, debido a que por la tensión superficial de los mismos tienden a formar gotas en estas zonas. Esto tiene como consecuencia que las películas de líquido sobre las superficies de las piezas sean más delgadas en los bordes de las mismas que en el resto de las superficies lisas adyacentes. Esto puede constituir un problema, puesto que la eficacia de los recubrimientos protectores es, por lo general, directamente proporcional a su espesor.

En el caso de los recubrimientos galvanizados no se presenta este problema. Durante la inmersión de las piezas en el zinc fundido, éste reacciona con el acero para dar lugar a una serie de capas de aleaciones zinc-hierro. Estas capas se forman paralelamente a la superficie de las piezas. En los bordes, estas capas de aleaciones se abren en forma de abanico y los espacios intermedios que se forman se rellenan de zinc. Esto tiene como resultado que los recubrimientos galvanizados que se forman en los bordes de las piezas sean incluso más gruesos que los de las superficies lisas (Fig. 22 y 23)

En este caso las leyes de la física juegan en favor de los recubrimientos galvanizados, que no presentan puntos débiles.

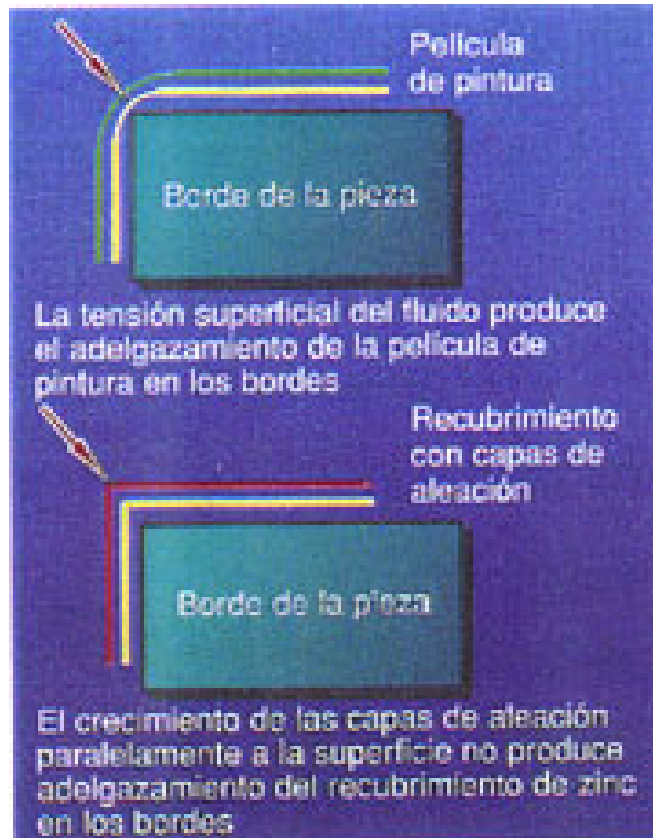


Fig.22: Adelgazamiento/ protección en los bordes



Fig 23: Recubrimiento galvanizado en el canto de una pieza;

5.5. COMPORTAMIENTO DE LOS RECUBRIMIENTOS DE ZINC EN DIFERENTES AMBIENTES

En la mayoría de las atmósferas el recubrimiento galvanizado proporciona una protección muy duradera, ya que la velocidad de corrosión del zinc es aproximadamente una veinteva parte de la del acero. La protección frente a la corrosión que proporcionan los recubrimientos galvanizados es varias veces superior a la de cualquier otro sistema de protección que pueda utilizarse como alternativa.

El zinc y sus aleaciones poseen una resistencia excelente a la corrosión provocada por la atmósfera y por la mayoría de las aguas naturales, debido a que sobre su superficie se forma una capa protectora compuesta por óxido de zinc insoluble, hidróxido de zinc y diferentes sales básicas de zinc, dependiendo de la naturaleza del medio ambiente. Una vez formada esta capa protectora, se reduce mucho la reacción entre el zinc y los agentes agresivos que existen en el medio ambiente, dando como resultado una duración muy prolongada del recubrimiento.

Veamos como se comporta el recubrimiento de zinc en diferentes ambientes.

En la atmósfera

Para estimar la duración de la protección que proporciona un recubrimiento de zinc, en un lugar determinado, se deben tomar en consideración diferentes factores, entre los que destacan las condiciones climatológicas del lugar, la presencia en la atmósfera de contaminantes

agresivos originados por actividades urbanas o industriales y la proximidad del mar.

Ambientes aparentemente muy parecidos dan lugar, frecuentemente, a condiciones de corrosión muy distintas, debido a diferencias mínimas en los vientos predominantes, grado de proximidad a efluentes corrosivos y otras condiciones atmosféricas particulares. En atmósferas secas y cálidas es muy notable la estabilidad que tiene el zinc. En este caso, la capa de óxido de zinc que se forma sobre el recubrimiento se conserva inalterada y la protección proporcionada por el zinc se mantiene indefinidamente.

En presencia de humedad en la atmósfera el óxido de zinc se convierte en hidróxido y el dióxido de carbono que contiene el aire reacciona con este hidróxido para dar carbonatos básicos de zinc. Estos compuestos son inertes y estables y resisten la acción subsiguiente de la atmósfera, asegurando así una larga vida al recubrimiento galvanizado.

En zonas próximas a la costa, en donde la velocidad de corrosión viene acelerada por la presencia en la atmósfera de pequeñas gotitas de agua que contienen cloruros solubles, el comportamiento de los recubrimientos galvanizados es excepcionalmente bueno en relación con otros sistemas de protección.

En las zonas industriales la presencia en la atmósfera de impurezas, tales como dióxido de azufre y otros compuestos químicos, tienen como consecuencia la formación de sales básicas de zinc, que tienen mayor solubilidad, las cuales se disuelven por la lluvia y la humedad dejando el zinc más expuesto al ataque.

En las áreas poco industrializadas los recubrimientos galvanizados proporcionan una protección adecuada; sin embargo, en las condiciones de corrosividad extrema existentes en las zonas muy industriales se recomienda complementar la protección del recubrimiento galvanizado con una pintura adecuada a las condiciones ambientales. Incluso en estas condiciones severamente corrosivas, los recubrimientos galvanizados, en combinación con pinturas adecuadas, proporcionan una protección más duradera y económica que los mejores sistemas mas que pudieran utilizarse en su lugar.

En el agua

Agua dulce: Cuando el acero recientemente galvanizado se sumerge en agua pura, en la que no existen sales disueltas que puedan formar la capa protectora de sales de zinc que aisle al recubrimiento de la subsiguiente acción del agua, la velocidad de disolución del recubrimiento es anormalmente elevada. Esta situación puede corregirse añadiendo sales al agua, en proporciones controladas, durante la inmersión inicial.

Sin embargo la mayoría de las aguas naturales contiene suficiente cantidad de sales en disolución como para evitar este ataque inicial y los depósitos y conducciones de agua galvanizados en caliente han demostrado desde hace muchos años su utilidad para este servicio.

Agua de mar: Los recubrimientos galvanizados en caliente resisten bien el agua de mar, que es muy corrosiva; sin embargo, para la mayoría de los sistemas de protección que se utilizan para el acero, las sales disueltas en el agua de mar reaccionan con el zinc y forman una capa protectora que

hace mínima subsiguiente acción corrosiva del agua. La galvanización en caliente protege igualmente al acero sometido a la humedad salina del mar y esta protección se extiende a los bordes y zonas difícilmente accesibles a otros sistemas de protección y que, por tanto, constituyen puntos débiles en cuanto a la protección se refiere.

Influencia de la temperatura del agua

En agua fría de composición normal es más efectiva la protección catódica proporcionada por recubrimientos galvanizados y la velocidad de disolución o consumo de zinc es mas baja. Por ello, se ha extendido universalmente la utilización del acero galvanizado para los depósitos, cisternas e instalaciones de conducción de aguas.

El zinc solamente protege catódicamente al acero por debajo de 60-65°C y es importante que antes de alcanzar esta temperatura se haya formado sobre la superficie del recubrimiento galvanizado una capa adherente de sales de zinc.

Cuando las aguas son duras, se deposita muy rápidamente sobre la superficie del recubrimiento una capa de incrustación de carbonatos cálcico y magnésico. Estas incrustaciones anulan el efecto que ejerce la temperatura del agua y el recubrimiento galvanizado se comporta perfectamente.

Con aguas blandas no llega a formarse este depósito protector y, en este caso, el recubrimiento galvanizado no es adecuado para el manejo de

esta aguas calientes, a menos que se proteja con ánodos de sacrificio u otros sistemas adecuados.

En contacto con materiales de construcción

Los recubrimientos galvanizados proporcionan una protección inigualable a los diferentes elementos que se utilizan en la construcción. El ligero ataque que produce sobre el recubrimiento de zinc el mortero de cal, el hormigón o el yeso, cesa en cuanto fraguan estos materiales. Cuando los artículos galvanizados han de instalarse en contacto directo con madera verde es necesario proteger el recubrimiento de zinc con una pintura bituminosa.

Se debe tener cuidado en almacenar los artículos galvanizados en lugares secos y ventilados y evitar el contacto directo con madera húmeda.

Una utilización muy importante del acero galvanizado es en las armaduras de acero de las estructuras de hormigón.

En contacto con productos químicos

Los recubrimientos galvanizados son muy resistentes al ataque químico en un intervalo amplio de pH y particularmente en soluciones moderadas alcalinas. No debe utilizarse, sin embargo, con soluciones ácidas de pH inferiores a 6 y con soluciones alcalinas de pH superiores a 12,5. Para valores de pH comprendidos entre estos límites se forma una película protectora sobre la superficie del zinc que hace mínimo el ataque del mismo.

Como este intervalo de pH cubre la mayor parte de las aguas naturales y todos los álcalis, excepto los más enérgicos, quiere esto decir que el acero galvanizado posee un amplio dominio de aplicación en el almacenamiento y conducción de líquidos. La mayoría de los líquidos orgánicos, excepto los claramente ácidos, atacan muy poco al zinc, por lo que los recubrimientos galvanizados son apropiados para los equipos de almacenamiento y manejo de una gran variedad de compuestos químicos orgánicos, incluyendo combustibles para motores, creosotas, fenoles y ésteres.

El acero galvanizado se utiliza también en los equipos de circulación de las soluciones salinas refrigerantes, a las cuales suele añadirse dicromato sódico como inhibidor.

Bajo Tierra

Los recubrimientos galvanizados se utilizan mucho y con éxito para combatir la corrosión producida por el terreno. El suelo es un medio ambiente muy agresivo para el acero y el recubrimiento de zinc lo aísla eficazmente y le proporciona además protección catódica cuando ésta es necesaria.

La duración de la protección varía con cada tipo de suelo, pero la experiencia demuestra que con los recubrimientos de espesor normal la mínima duración previsible es de unos 10 años. Dado el elevado coste que supone la conservación y reemplazamiento de las tuberías de acero enteradas, tiene gran valor el aumento de duración que pueden aportar la galvanización en caliente a este tipo de tuberías.

6. ETAPAS DEL PROCESO DE GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

6.1. INTRODUCCIÓN

El proceso de galvanización en caliente dispone de las siguientes etapas:

- Recepción
- Cuelgue
- Etapas de acondicionamiento
 - Desengrase
 - Decapado
 - Preflux
 - Fluxado
 - Secadero
- Crisol
- Enjuague
- Pasivado
- Descuelgue
- Inspección de calidad

6.2. RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El material a galvanizar se recibe en camiones y se recepciona en la báscula, donde una persona cualificada se encarga de pesarlo.

Se descarga en las zonas asfaltadas exteriores a las naves y se procede a una inspección visual para asegurarse de que el material recepcionado esta exento de cualquier tipo de grasa, pintura, pavón u otro tipo de recubrimiento que pueda ocasionar algún problema que impida conseguir una correcta galvanización así como de cualquier deformación que se apreciara en la pieza por la posibilidad de una mala carga o en su trayecto en el camión.

En la gran mayoría de los casos las piezas se almacenaran al aire libre. Sólo en el caso en que se reciban tubos u otras piezas en las que se aprecie suciedad o se sepa que puede llevar cantidades significativas de grasa u hollín, los operarios al cargo de la recepción ordenarán su introducción directa en la nave.

Para el manejo de piezas se usarán carretillas elevadoras. Si el tamaño y peso de la pieza no permite su manejo mediante carretilla elevadora, se realizará mediante puente grúa o polipasto dentro de la nave.

6.3. CUELQUE DEL MATERIAL

El material se traslada desde el patio a la zona de cuelque. Allí es colgado en útiles metálicos adecuados (rejillas, ganchos, cestos metálicos... siempre en función de la pieza a galvanizar) Estos útiles están sustentados en una percha (una viga horizontal situada a una cierta altura que permite su manejo) que se encontrará apoyada en unos elevadores de manera que se permita trabajar a distintas alturas para favorecer el cuelque de las piezas.

La preparación de estas perchas exige abundante mano de obra debidamente formada, al objeto de que el proceso garantice el perfecto acabado de la pieza y su protección total.

Estas perchas presentan 24 zonas divididas a lo largo de la misma con 17 posibles puntos de cuelque por lo que en total se dispone de aproximadamente 400 puntos de anclaje. Se puede observar su geometría en el apartado de planos de este proyecto concretamente en el *Plano 3 "Pecha"*.

Los útiles empleados para sustentar las piezas a galvanizar sufren una y otra vez el mismo proceso que estas. Su galvanizado no es problema alguno porque la capa de zinc se reduce al pasar por los baños de decapado. Pero el calor y el ácido debilitan el hierro, lo que provoca su desgaste. Esto provoca que sea necesario llevar un control de sus inmersiones para posteriormente ser desechados.

Una vez que la percha ha sido preparada con el material a galvanizar, el puente grúa la posiciona en los pulmones de espera, o directamente la

introduce en la nave de proceso mediante el transfer que conecta ambas naves.

6.4. ETAPAS DE ACONDICIONAMIENTO

6.4.1. Desengrase

Este proceso es necesario para eliminar los residuos de aceites y grasas, tales como aceites de corte procedentes de procesos de fabricación anteriores (laminado en frío, embutición, mecanizado ...), pinturas... a fin de lograr un buen galvanizado; de lo contrario, se obtendrán recubrimientos que no son adherentes. Además, se debe evitar que la materia grasa contamine las soluciones posteriores.

Previo a este desengrase puede llevarse a cabo los siguientes procesos:

- **Quemado.** Se utiliza en el caso en el que la pieza presente aceites solubles, lubricantes, pinturas, barnices o pavón en artículos de grandes dimensiones, elevada cantidad de grasa... Consiste en la completa inmersión del material en el baño de zinc de manera que se quemen la grasa y la pintura y se puede proceder al desengrase normal.
- **Limpieza manual.** Se utiliza disolvente o quitapintura para limpiar pequeñas partículas o pequeñas marcas de rotulador, etc... No es recomendable si el material está engrasado ya que redistribuye el contaminante como una película fina continua de grasa sobre la pieza.

El desengrase puede ser ácido o alcalino aunque existen casos donde se utilizan desengrases decapantes, donde se realiza simultáneamente el desengrase y el decapado. Sin embargo en este tipo de baños se aumenta la carga orgánica del mismo cuando está agotado, dificultándose su valorización.

Los baños de desengrase tienen en su composición agentes tensoactivos que emulsionan los aceites y las grasas adheridos a la superficie de la pieza. La efectividad del baño de desengrase depende fundamentalmente de la concentración de los agentes desengrasantes, temperatura del propio baño y duración del tratamiento.

Desengrase ácido

Los baños de desengrase ácidos se componen de ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico y/o o-fosfórico, solubilizantes y agentes anticorrosivos. Este tipo de baños forma emulsiones de aceite estables, por lo que no es posible la separación de aceites y grasas para su eliminación periódica del baño.

La temperatura de trabajo de los baños de desengrase de este tipo suele ser relativamente baja, entre 20° C y 40° C.

Desengrase alcalino

Se distingue entre los desengrases alcalinos de alta temperatura (alrededor de 85° C) y los de baja temperatura (a partir de 40° C).

La composición básica de los baños de desengrase es el hidróxido sódico al que suelen añadirse otras sustancias con propiedades alcalinas como carbonato sódico, silicatos sódicos, fosfatos alcalinos, bórax, etc. Asimismo, se añaden agentes tensoactivos específicos (jabones), emulsionantes y dispersantes que facilitan la limpieza.

Este tipo de baños es más eficaz que el anterior, pero en este caso es necesaria la existencia de una etapa de lavado intermedia previa al proceso de decapado, para evitar la neutralización paulatina del baño de decapado debido al arrastre de solución del desengrase.

En nuestro caso trabajaremos con un desengrase ácido de manera que se evite la necesidad de un baño intermedio.

6.4.2. Decapado

El proceso de decapado tiene como objeto eliminar los óxidos metálicos, la cascarilla de fabricación, el óxido de recocido y el orín de las piezas para que se queden químicamente limpias. Esta es una condición necesaria para un correcto galvanizado.

La mayoría de las cubas de decapado contienen, inicialmente, ácido clorhídrico diluido al 14-16% en peso. Este ácido se obtiene diluyendo ácido clorhídrico comercial al 33% en peso con un volumen igual de agua.

También se utiliza el ácido sulfúrico al 10-14% en peso pero en menor proporción ya que el ácido clorhídrico proporciona velocidades de decapado mayores.

En nuestro caso se utilizará el ácido clorhídrico por la razón antes mencionada.

La velocidad del decapado es favorecida por un aumento en la concentración del ácido, temperatura, o agitación.

La acción del ácido clorhídrico se verá favorecida a medida que aumenta la concentración de sales de hierro disueltas hasta llegar a un punto donde la actividad del baño comienza a disminuir, por lo que es necesario realizar adiciones periódicas de ácido para mantenerla. También, será necesario reponer las pérdidas producidas tanto por evaporación como por arrastre de las piezas, compensándose estas pérdidas mediante la adición de agua.

Este sistema puede mantenerse así hasta que se alcanza el límite de solubilidad del cloruro ferroso (FeCl_2) en el propio ácido clorhídrico, por lo que una vez que se ha llegado a este límite ya no será posible seguir decapando. Igualmente, si el contenido de hierro de la solución de decapado es superior a los 140-150 g/l, el baño de decapado estará agotado, siendo necesaria su renovación.

Debido a la poca uniformidad de los materiales que se envían a galvanizar, no existe tiempo exacto de decapado ya que ni la concentración de las cubas, ni la cantidad de óxido que traen los materiales es uniforme.

Como consecuencia se utiliza la inspección visual como método más adecuado para controlar el estado de decapado de los materiales.

En caso de que el decapado del material no sea correcto, se volverá a sumergir el material en la cuba hasta que se encuentre dentro de los límites exigidos en la norma.

En las piezas mal galvanizadas o aquéllas cuyo recubrimiento de cinc debe ser renovado es necesario que, previamente a su introducción en el baño de cinc, su superficie metálica esté brillante, por lo que será necesario eliminar esta capa de cinc en el baño de decapado. Por lo general, tanto las piezas previamente galvanizadas como las no galvanizadas se decapan en el mismo baño, por lo que los baños de decapado agotados también contendrán cantidades no despreciables en cinc (a veces pueden incluso superar los 60 g/l).

La valorización y eliminación de estos baños de decapado agotados es más complicada que la del resto de baños similares, debido a los contenidos en cinc, el cual suele ser limitante a la hora de realizar una serie de procesos de valorización (por ejemplo, para la producción de cloruro férrico).

Para lograr que el ácido ataque únicamente el óxido y no al acero, se emplean inhibidores (por ejemplo, hexametilentetramina) para que una vez se haya eliminado el óxido y la cascarilla de la pieza no se produzca el ataque del ácido a su superficie (sobredcapado) sin afectar estos a la velocidad de decapado. Los inhibidores, aumentan la vida del baño y limitan las emisiones de vapores ácidos a la atmósfera ya que están formados por compuestos que evitan estas emisiones. Son un factor importante en el

acabado del material ya que permiten obtener una superficie más lisa. El empleo de estos productos puede suponer una dificultad añadida a la hora de valorizar los baños de decapado agotado.

6.4.3. Preflux

Tras el baño de decapado será necesario realizar una etapa de lavado de las piezas, con el fin de evitar que éstas arrastren ácido y sales de hierro a las etapas posteriores de fluxado y al baño de cinc.

El arrastre de hierro al baño de cinc fundido provoca la formación de las denominadas matas de cinc, consumiéndose de esta forma una mayor cantidad de este metal. Teóricamente, por cada gramo de hierro que se arrastre y llega al baño se forman 25 gramos de mata de cinc, por lo que es indispensable que esta etapa de lavado sea lo suficientemente eficaz.

Estos baños de lavado pueden utilizarse en la preparación de nuevos baños de decapado, (normalmente) o de desengrase.

6.4.4. Fluxado

El fluxado tiene por objeto activar la superficie del acero y facilitar así su reacción con el zinc durante su inmersión.

El fluxado es una disolución de cloruro de zinc y cloruro de amonio en una relación óptima de 60:40 (llamada sal doble), en una concentración aproximada de 400 gramos/litro de dicha sal doble.

El baño debe mantenerse dentro de un rango de temperatura (40-70 °C) y el pH debe ajustarse en torno a 4-5 para que los iones hierro arrastrados de etapas anteriores precipiten como hidróxido al tiempo que se conserva el poder decapante del baño. De esta forma se evita la formación de matas de zinc en la galvanización.

Esta solución, se mantiene en una cuba metálica, y en ella, se sumergen las piezas, una vez decapadas, manteniéndolas el tiempo suficiente para que la sal quede depositada en todas las superficies, tanto interiores como exteriores.

Las principales funciones del fluxado son las siguientes:

- Limpiar la superficie de las piezas activándolas para que el acero reaccione mejor con el zinc fundido.
- Disminuir el riesgo de salpicaduras cuando se sumergen en el baño piezas húmedas, ya que se calientan al pasar por la disolución de flux. Este precalentamiento ayuda a evitar su deformación, particularmente en los materiales de chapas.

En algunos casos, y para materiales que no han sido limpiados adecuadamente, es necesario espolvorear sobre ellos cloruro de amonio en polvo, cuando están saliendo del baño de galvanizado, para aumentar la acción de mordentado, y la consiguiente limpieza del material, de forma que se obtenga un galvanizado adecuado.

6.4.5. Secadero

El objeto de la etapa de secado de las piezas es disminuir al máximo las salpicaduras que se producen al introducir las piezas en el crisol de zinc. Dichas salpicaduras suponen un malgasto de materia prima (Zn) que obliga a tratarlo como residuo.

Ya que el zinc se mantiene a una temperatura muy superior a la del medio ambiente, el material a galvanizar debe precalentarse a fin de que el salto térmico no provoque estallidos generados por los saltos de humedad ni deteriore el acabado final del galvanizado. Este procedimiento equipara temperaturas y seca la pieza antes del baño de zinc

El calor proporcionado en el secadero proviene del producido en el horno para la calefacción del baño del zinc.

6.5. CRISOL

Un adecuado desengrase, decapado y fluxado permiten que el cinc fundido reaccione químicamente con la superficie de acero de una pieza sumergida, produciendo capas de Zn-Fe de composición y espesor variable en la interfase. Si la reacción ha sido controlada adecuadamente, la parte externa de la superficie de la pieza tendrá la misma composición que la del baño de cinc. El recubrimiento se une metalúrgicamente al metal base.

La calidad y el espesor total de un recubrimiento se verán afectados por los siguientes parámetros:

- Temperatura del baño de galvanizado.
- Tiempo de inmersión de la pieza.
- Velocidad de extracción de la pieza del baño de cinc.
- Calidad del cinc.

La temperatura normal de galvanizado es de 445-465°C, siendo al comienzo la velocidad de reacción muy rápida. El espesor principal del recubrimiento se forma durante este período inicial por lo que suele ser difícil el obtener una capa fina de recubrimiento. Posteriormente, la reacción se ralentiza y el espesor del recubrimiento no aumenta en gran medida. El tiempo de inmersión suele ser de uno o dos minutos.

La velocidad de extracción de la pieza debe ser lenta, de lo contrario pueden producirse gotas y grumos en el recubrimiento. Velocidades muy lentas de extracción permiten que el cinc no aleado que queda sobre la superficie reaccione con el sustrato de acero y se formen más compuestos Zn-Fe.

De la misma forma, la velocidad de inmersión debe ser lo más rápida posible sin que ocasionen salpicaduras, con objeto de exponer al mismo tiempo toda la pieza y darle un espesor uniforme.

Antes de la introducción de las piezas en el baño de cinc, así como antes de extraerlas, es necesario eliminar con rasquetas la capa de óxido de cinc que se forma sobre la superficie del baño (ceniza de cinc), para evitar

su deposición sobre las piezas y que se produzcan galvanizados defectuosos.

Para eliminar el cinc sobrante tras el galvanizado las piezas pueden ser sometidas a vibración o golpeadas en su ascenso.

La temperatura de las paredes del baño no debe superar los 460-470° C ya que se produciría el ataque del cinc líquido a las paredes de hierro del baño, produciéndose grandes cantidades de matas de cinc, reduciéndose además mucho la duración del recipiente en el que tiene lugar el galvanizado.

El tamaño del tanque de galvanizado va a depender del tipo, tamaño y número de piezas a galvanizar, siendo su geometría tal que la exposición de cinc fundido a la atmósfera sea la mínima posible.

Además de zinc el baño puede contener pequeñas proporciones de otros metales, que se adicionan para facilitar el proceso de galvanización o para impartir ciertas propiedades a los recubrimientos galvanizados. También podemos encontrar otros metales que desfavorecen al proceso. Los más frecuentes son:

- **Aluminio:** añadido en proporciones inferiores al 0,01% disminuye la velocidad de oxidación del zinc fundido por lo que reduce las pérdidas de cinc. Además, el aluminio mejora la uniformidad del recubrimiento. Sin embargo, estas adiciones de aluminio deben hacerse de forma controlada ya que cantidades muy altas pueden causar dificultades en la formación del recubrimiento.

- **Plomo:** en concentraciones próximas al 1,0% disminuye la tensión superficial del zinc fundido, facilitando el escurrido de las piezas cuando estas se extraen del baño de galvanización. Debido al mayor peso específico del plomo, el fondo del baño se cubre totalmente con plomo líquido. De esta forma se protege el fondo del baño contra la formación de matas.
- **Bismuto:** en concentraciones comprendidas entre el 0,1 y 0.5% disminuye la tensión superficial y la viscosidad del zinc fundido, por lo que se utiliza en algunas ocasiones en sustitución del plomo para favorecer el escurrido de las piezas. También se emplea, en combinación con otros aditivos (principalmente níquel y estaño), para controlar el espesor de los recubrimientos que se obtienen sobre los aceros reactivos.
- **Estaño:** en proporciones de hasta el 0.2% y en combinación con el plomo aumenta el “floreado” del recubrimiento.
- **Níquel:** opcionalmente añadido al baño en proporciones del 0,05%, aproximadamente, permite controlar el crecimiento excesivo de las capas de aleaciones zinc-hierro en los aceros reactivos.
- **Cobre:** como impureza del zinc no supera el 0,002%, pero en el baño de galvanización pueden encontrarse proporciones mayores (de hasta 0,5%) por disolución del cobre contenido en muchos aceros.

- **Cadmio:** constituye una impureza del zinc que puede alcanzar concentraciones de hasta 0,01% en el zinc electrolítico.
- **Hierro:** El hierro es escasamente soluble en el cinc fundido y cualquier cantidad por encima del 0,02% producirá matas de cinc, una aleación hierro-cinc sólida que contiene 25 partes de cinc frente a una de hierro. En el fondo de la cuba se deposita una capa de mata de cinc. Las matas de cinc deben eliminarse periódicamente del fondo del baño. Como la solubilidad del hierro varía con la temperatura, cuanto más baja es la temperatura, se eliminará mayor cantidad de matas.

En el siguiente cuadro nº 24 se muestra la composición típica de un baño de cinc fundido:

Metal de aleación	Porcentaje en peso
Cinc	98,9%
Plomo	1,0%
Aluminio	0,002%
Cadmio	0,02%
Otros metales (Cu)	Trazas

Cuadro nº 24. Ejemplo de composición de un baño de cinc en % en peso.

6.6. ENFRIAMIENTO

Una vez realizado el proceso de galvanizado de la pieza, ésta puede dejarse enfriar a temperatura ambiente, o ser enfriada en un baño con agua. Este último proceso sobre todo es esencial para evitar que se manche la superficie por los residuos del fluxado.

El enfriamiento con agua también se utiliza cuando se quiere enfriar rápidamente la pieza, para congelar el recubrimiento, es decir, evitar que las capas de aleación continúen creciendo sobre la superficie reactiva de acero una vez que la pieza ha sido extraída del baño. También actúa evitando que en las piezas se creen estructuras cristalinas que puede originar problemas de adherencia en la pieza. Es de especial interés para piezas grandes de fundición que acumulan importantes cantidades de calor.

6.7. PASIVADO

El propósito de esta etapa es evitar la aparición de manchas blancas en la superficie de las piezas. Estas manchas blancas se produce cuando el metal galvanizado se encuentra en condiciones de humedad elevada de manera que tiene lugar la reacción del agua con la capa externa de recubrimiento formada por zinc produciéndose hidróxido de zinc. Esta nueva capa formada impide la pasivación natural de la pieza.

Lo que logramos con el pasivado es cubrir la pieza galvanizada con una película de cromo que aisle la pieza de la humedad y facilite la

pasivación natural de la misma. Esto se consigue por inmersión de la pieza en un baño con una baja concentración de cromo VI, entre 0,05 y 0,2%. La temperatura de este baño oscila entre la ambiental y una máxima de 40°C.

6.8. DESCUELQUE

Por lo general, este proceso consiste en la eliminación de los alambres de sujeción, cepillado de cenizas en zonas de difícil evacuación por la geometría de la pieza y repasado de la cresta o gota de final de escurrido.

En determinados casos, este proceso puede incluir la reparación de zonas con defectos en la capa de zinc mediante pistola de galvanizado o aplicación por sprays, a fin de cumplir con los requisitos de las normas citadas anteriormente.

6.9. INSPECCIÓN DE CALIDAD

Existe una persona responsable del Control de Calidad final del material que, una vez que las piezas abandonan la cadena de tratamiento, las inspecciona, tanto visualmente como con aparatos de medición de espesores, para comprobar que se cumplen todos los apartados de la Norma UNE EN ISO 1461:1999 "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero – Especificaciones y métodos de ensayo", así como cualquier requerimiento especial que el cliente haya solicitado.

7. PRINCIPALES VARIABLES QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN

7.1. INTRODUCCIÓN

Antes de centrarnos en las variables más importantes que afectan a la producción distinguiremos aquellas variables involucradas directamente en la calidad del recubrimiento del zinc.

La calidad del recubrimiento obtenido en la galvanización, suponiendo que el material esté convenientemente preparado, depende de los siguientes factores:

- La calidad del Zinc y los elementos del baño.
- La temperatura del baño.
- La velocidad de extracción

Como vimos en el apartado referente al crisol, la existencia de otros elementos pueden afectar a las condiciones del galvanizado. Recordemos los más influyentes:

- **Aluminio:** añadido en proporciones inferiores al 0,01% disminuye la velocidad de oxidación del zinc fundido por lo que reduce las pérdidas de cinc. Además, el aluminio mejora la uniformidad del recubrimiento.
- **Plomo:** en concentraciones próximas al 1,0% disminuye la tensión superficial del zinc fundido, facilitando el escurrido de las piezas cuando estas se extraen del baño de galvanización.

- **Bismuto:** en concentraciones comprendidas entre el 0,1 y 0.5% disminuye la tensión superficial y la viscosidad del zinc fundido. Se utiliza en algunas ocasiones en sustitución del plomo para favorecer el escurrido de las piezas.
- **Níquel:** opcionalmente añadido al baño en proporciones del 0,05%, aproximadamente, permite controlar el crecimiento excesivo de las capas de aleaciones zinc-hierro en los aceros reactivos.

En cuanto a la temperatura, esta debe ser lo mínima posible. En la práctica se escoge la que permita un buen escurrido del zinc en el proceso de extracción. La temperatura más generalizada oscila alrededor de los 450^o C.

Una temperatura baja disminuye la formación de matas y cenizas, alarga la vida del crisol y economiza combustible y zinc, ya que el espesor de la capa aumenta con la temperatura. Si la temperatura sobrepasa los 490^o C se produce una pérdida de adherencia de la capa de aleación y hay un ataque continuo del metal base por el zinc del baño, con lo que aumenta la cantidad de matas. La prevención contra esta temperatura es de particular interés en las paredes y fondo de crisol, por el grave riesgo de rotura que significa la reducción del espesor de las paredes.

El tiempo de inmersión para la gran mayoría de los materiales es relativamente corto, del orden de unos pocos minutos. La introducción de la pieza se hará lo más rápido posible mientras que la velocidad de extracción debe hacerse lo más lentamente posible, para que el zinc sin alear forme una capa uniforme. Esto se consigue utilizando una velocidad que no

sobrepase la del escurrido del zinc (1,5 m / mín.) A velocidades superiores, el exceso de zinc arrastrado fuera del baño se extiende irregularmente sobre la superficie de la pieza. Esta distribución irregular desfavorece el acabado superficial y no mejora la resistencia a la corrosión ni a la duración del recubrimiento, que vendrán determinados por el espesor en una parte mínima.

Entre los factores que afectan a la producción distinguiremos:

- Capacidad del horno
- Tiempo crisol
- Relación hombre / producción
- Capacidad de los baños

7.2. VARIABLES QUE AFECTAN A LA PRODUCCIÓN

7.2.1.Capacidad del horno

Para alcanzar una temperatura adecuada para la fusión del zinc, se dispone de un equipo de calentamiento, compuesto principalmente por 12 quemadores de tipo “on/off ” de alta velocidad, puestos sobre las cabezas a ambos lados del crisol, que permiten reglar las temperaturas de manera autónoma a varias alturas todos ellos con PLC y video tipo “touch screen”. Aquí se genera la combustión que aporta las calorías necesarias al horno para conseguir la fusión del zinc, además de aportar la energía térmica necesaria para compensar las pérdidas caloríficas.

El calor que se genera en el quemador se transmite al zinc fundido por radiación y convección, a través de las paredes del crisol. Estas instalaciones funcionan con un rendimiento muy alto y pérdidas de calor muy bajas, gracias al buen aislamiento de las paredes laterales y del fondo del crisol. Por otra parte, al generarse el calor directamente en la pared exterior del crisol, se facilita una regulación muy precisa de la temperatura.

El horno tiene una capacidad productiva de 40 Tn/h. Esta gran capacidad permitiría la inmersión de 6600kg. de material cada 10 minutos sin que la temperatura óptima (450° C) pueda verse afectada como se demuestra en los cálculos.

En cualquier caso, nosotros trabajaremos como máximo con inmersiones de 5200 Kg asegurando, aún más si cabe, trabajar en condiciones óptimas. Este valor se ha obtenido tras tener en cuenta las pérdidas caloríficas en el crisol y la capacidad del puente grúa como puede observarse en el *apartado 1: "Cálculo de la capacidad productiva del horno"* perteneciente a la memoria de cálculo.

Resumiendo, la capacidad el horno junto con las condiciones de peso de las perchas y de tiempo entre inmersiones nos limitará a producir como máximo 31,2 Tn/h.

7.2.2. Tiempo en crisol

Como hemos visto en el apartado anterior el tiempo entre inmersiones debe de comprender al menos de 9 a 10 minutos. Para llegar a esta conclusión se realizó el siguiente estudio cuyo objetivo es establecer la relación existente entre el tiempo invertido en crisol con el espesor de recubrimiento obtenido, de manera que se logró optimizar dicho tiempo el cual se verá condicionado por el espesor establecido en la norma.

Para llevar a cabo dicho informe se diferenció dos fases que serían:

- **Recogida de datos** distinguiéndose a su vez entre:
 - **Control de los tiempos en crisol** diferenciando tiempo de entrada, de permanencia y de salida de las perchas.
 - **Inspección de las piezas** examinando su acabado superficial así como el espesor de galvanizado de las mismas.

- **Análisis de los datos** en el cual se relacionarán los tiempos en crisol y las medidas de espesor teniendo en cuenta diversas consideraciones en lo referente a tipo de material y posición en la percha.

RECOGIDA DE DATOS

Esta recogida de datos se ha realizado durante aproximadamente dos meses y medio.

Para el **control de tiempos** se ha diferenciado entre:

- *Tiempo de entrada:* tiempo que comienza en el instante en que las piezas empiezan a ser sumergidas hasta que todas las piezas están dentro del crisol;
- *Tiempo de permanencia:* tiempo que se tarda en mover la pieza dentro del crisol para favorecer la salida de las cenizas más el tiempo que se tarda en limpiar las mismas de la superficie.
- *Tiempo de salida:* tiempo que comienza en el instante en que asoma una pieza hasta que todas las piezas estén fuera del crisol.

El más influyente en lo referente al espesor de zinc es el tiempo de permanencia.

Respecto a la **inspección de las perchas** cabe señalar que no se trata de la inspección final de calidad ya que dicha revisión tenía lugar sin que las piezas sufrieran ningún tipo de acondicionamiento en la zona de descuelgue por lo que nos limitaremos a observar que no se haya producido:

- arrastre de ceniza por una mala limpieza de la superficie del crisol,

- gotas punzantes considerables por una velocidad de extracción superior a la del escurrido del zinc,
- espesores inferiores a lo establecido por la norma ISO-EN-UNE 1461:1999 "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo"
- falta de adherencia.

Se creó un formato de recogida de datos donde se reflejaba el número de percha (para poder establecer una trazabilidad de la misma con los demás departamentos); tiempos de entrada, inmersión y salida; distribución de los materiales en las perchas; valoración del aspecto superficial; adherencia y valor medio de los espesores alcanzados en dicha percha.

A la hora de tomar las medidas de espesor el primer valor se correspondería con un extremo de la percha o con el área que menor tiempo ha estado en el crisol, en el caso de que la inmersión de la percha no fuese paralela al mismo (como en la inmersión de angulares en diagonal) y la última medida con el otro extremo o con el área de mayor tiempo en el crisol, que se correspondería con el tiempo total. Los resultados obtenidos han sido recogidos en las tablas ubicadas en el *Anexo 1: "Tablas y Gráficos de la relación tiempo en crisol / espesor de zinc"* de la memoria.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Antes de comenzar con el análisis será necesario aclarar cuáles son los materiales protagonistas de este estudio.

Como hemos visto en apartados anteriores la galvanización tiene múltiples aplicaciones:

- Comunicaciones: señalización, báculos, vallas de protección...
- Eléctrico: columnas, estaciones transformadoras y complementos...
- Construcción: armaduras para hormigón, estructuras en general, amueblado metálico...

Para nuestro estudio nos centraremos en los materiales utilizados en estaciones transformadoras eléctricas: angulares de diversa longitud y espesor, cartelas, casquillos... y en la disposición de los mismos en las perchas.

Se han seleccionado este tipo de materiales porque suponen el 85 % de la producción y porque son los que menor tiempo de permanencia necesitan, debido a su bajo contenido en silicio inferior al 0,12% que origina espesores muy elevados, por lo que serán ellos los que definirán el tiempo mínimo en crisol.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Para facilitar el estudio se clasificaron los materiales en:

Clasificación	Espesor	Longitud	Anchura ala	Orientación en la percha
Angular ala ancha diagonal	> 8 mm	> 2500 mm	> 120 mm	Diagonal
Angular ala corta diagonal	≤ 8 mm	> 2500 mm	≤ 120 mm	Diagonal
Angular Vertical	≤ 8 mm	≤ 2500 mm	≤ 120 mm	Vertical
Cartelas	≤ 8 mm	< 1000 mm	No aplicable	Vertical
Casquillos	> 8 mm	< 1000 mm	No aplicable	Vertical

Como se ha mencionado el tiempo de permanencia en el crisol es el más influyente de los tres tiempos ya que por una parte, a mayor tiempo en el crisol mayor espesor se consigue en la pieza y por otra parte, es el tiempo que presenta más uniformidad porque depende exclusivamente del tipo de material a galvanizar y no de su distribución en la percha como en el caso del tiempo de entrada y de salida.

Para los tiempos de salida será condición necesaria que la velocidad de salida de las perchas sea menor o igual que la velocidad de extracción del zinc, aproximadamente 1500 mm / minuto. Este tiempo variará en función de la disposición de las piezas en la percha, por ejemplo en el caso de angulares de ala ancha en diagonal su salida será más lenta que en el caso de angulares en vertical porque al estar los primeros inclinados necesitan más tiempo para favorecer el escurrido del zinc.

En el tiempo de entrada también influye la humedad de la percha ya que si las piezas no se encuentran bien secas pueden producirse proyecciones de zinc por salpicaduras.

Así que por todo ello podremos representar los datos frente al tiempo de permanencia considerando que los tiempos de entrada y salida no influyen excesivamente en el espesor de las piezas. Una vez establecido los tiempos óptimos para obtener el espesor adecuado, nos fijaremos en los tiempos totales para determinar cual es el mínimo tiempo en crisol.

Relación Tiempo / Espesor

Tras analizar los datos obtenidos se verifica la relación de a mayor tiempo de permanencia en crisol mayor espesor conseguido. En el caso de los angulares de ala ancha y cartelas esta relación es más pronunciada como puede apreciarse en las gráficas correspondientes en el *Anexo 1: "Tablas y Gráficos de la relación tiempo en crisol / espesor de zinc"* de la memoria en el *apartado 7 "Gráfica del material tipo: Angular de la ancha"* y *apartado 11 "Gráfica del material tipo: Cartelas"*.

Si se observan las tablas ubicadas en el *Anexo 1: "Tablas y Gráficos de la relación tiempo en crisol / espesor de zinc"* de la memoria en un primer momento los tiempos son considerablemente mayores ya que las perchas venían con mayor heterogeneidad lo que dificultaba la limpieza y el golpeo y los operarios tenían poca experiencia.

A medida que avanzan los días se puede apreciar una mejora en los tiempos ya que las perchas vienen más uniformes para favorecer la entrada en el crisol, limpieza de las cenizas formadas y golpeo de las piezas en la subida y los operarios han ganado en destreza.

A continuación se muestran los tiempos óptimos correspondientes a los espesores óptimos obtenidos tras sumar 15 micras al mínimo espesor exigido por la norma para asegurar el cumplimiento de la misma ya que se debe contar con el error del equipo de medida (máximo 4 micras) y que la composición de los aceros puede no ser siempre la misma.

De hecho, dos aceros superficialmente idénticos, pueden en su interior ser distintos y llegar a formar recubrimientos con una diferencia de 5-9 micras. El desarrollo para obtener estos tiempos puede encontrarse en el *Apartado 2 "Cálculos de los tiempos óptimos en crisol"* ubicado en la memoria de cálculos.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Material	Tiempo óptimo permanencia	Tiempo óptimo entrada	Tiempo óptimo salida	Tiempo óptimo total
Angular ala ancha diagonal	01:14	00:43	01:40	03:38
Angular ala corta diagonal	01:17	00:44	01:43	03:45
Angular Vertical e < 5 mm	01:38	00:36	01:26	03:40
Angular Vertical e > 5 mm	01:25	00:44	01:24	03:33
Cartela	01:23	00:34	01:26	03:23
Casquillo	01:15	00:35	01:16	03:06

Como se puede apreciar los angulares en diagonal necesitan menor tiempo de permanencia pero mayor tiempo de salida ya que hay que sacarlos muy lentamente para favorecer el golpeo y escurrido del zinc. Los tiempos de entrada son muy similares porque sólo depende de la humedad que traigan las piezas.

Se pueden obtener valores más bajos de permanencia pero nos arriesgamos a no cumplir la norma por lo que se trabaja por encima de los tiempos mínimos.

Referente a los tiempos de salida, anteriormente se señalaba que deben cumplir la condición de que la velocidad de extracción sea menor a la de escurrido del zinc. Dicha condición ha sido comprobada

satisfactoriamente como queda reflejado en el *Apartado 3 "Calculo del cumplimiento de la condición necesaria de velocidad de extracción"* ubicada en la memoria de cálculos.

Para terminar, obtenidos los tiempos óptimos de permanencia se les añade los tiempos equivalentes de entrada y salida y los tiempos correspondientes al movimiento de las perchas tal que se obtiene que el tiempo mínimo entre inmersiones es de 9 minutos como se había establecido en el apartado 7.2.1. "*Capacidad del horno*" de la memoria descriptiva.

También se ha añadido el tiempo máximo entre inmersiones, equivalente a 10 minutos, ya que este valor nos establecerá el mínimo número de perchas que se pueden galvanizar al día.

Relación Posición / Espesor

Antes de finalizar este apartado cabe señalar la importancia de la disposición de las piezas en las perchas.

Es sobre todo destacable en el caso de angulares de ala corta. En este caso se puede observar que se pueden conseguir mejores espesores y mayor uniformidad en las piezas trabajando con los angulares en vertical.

Destacar que para los angulares en diagonal no se suelen obtener gran homogeneidad en las perchas, por lo que el tiempo óptimo en crisol vendrá establecido por el tiempo del angular que necesiten mayor tiempo

para obtener el espesor adecuado. Como se refleja en la tabla anterior de tiempos óptimos se corresponderá con el angular de ala corta.

También se pudo observar que sería recomendable situar los de mayor ala en la zona de la percha de menor tiempo en crisol ya que estos angulares suelen alcanzar valores altos de espesor en poco tiempo (cómo se demuestra en el *apartado 7 “Gráfica del material tipo: Angular en diagonal de ala ancha”* y *apartado 8 “Gráfica del material tipo: Angulares en diagonal de ala cortas”* ubicadas en el *Anexo 1: “Tablas y Gráficos de la relación tiempo en crisol / espesor de zinc”* donde se percibe que los angulares de ala ancha tienen mayor pendiente que los de ala corta).

Por último cabe destacar en el caso de las cartelas y casquillos que no es conveniente formar dos o tres filas porque un adecuado espesor en la primera fila se puede llegar a traducir en problemas de adherencia en las filas inferiores debido al elevado recubrimiento que se llega a producir.

7.2.3. Relación hombre / producción

La relación hombre / producción va a ser también un factor limitante a la hora de aumentar nuestra producción ya que va a determinar la cantidad de material a galvanizar.

Para realizar dicho estudio se analizó durante un mes el trabajo de los operarios en cuelgue y descuelgue en la planta. Al igual que en el estudio anteriormente realizado de espesor-tiempo de inmersión será necesario clasificar los materiales de tal manera que veamos cuáles serían aquellos

que guardan menor y mayor relación hombre / producción. Fundamentalmente este estudio se basó en el seguimiento de materiales de red eléctrica, porque supone casi el 85% de la producción, por lo que serán estos materiales los que mayoritariamente marquen el ritmo de trabajo en cuelgue y descuelgue.

Se ha tratado de tomar los tiempos en situaciones óptimas en las cuales, por ejemplo, se mantenga constante el número de operarios que trabajen en la percha, no falte utillaje ni herramientas, no sea necesario utilizar alambres, las piezas han sido correctamente galvanizadas por lo que no requieren un excesivo repaso...

En primer lugar estableceremos las funciones a realizar en cada uno de los dos departamentos:

- **Cuelgue:** los operarios deben replantear la situación de los materiales a suspender en las perchas, búsqueda del utillaje adecuado, cuelgue de las piezas en las perchas y por último realizar una inspección visual de seguridad, ya que si un amarre no está adecuadamente sujeto puede producirse una rotura del mismo, con el consiguiente peligro en el crisol de descuelgue de las piezas y quemaduras en los operarios.
- **Descuelgue:** los operarios deben realizar una inspección visual del aspecto superficial de las piezas y de la seguridad que presenta la percha, descuelgue de las piezas, repaso de las mismas y paletizado.

Para la recogida de los datos se utilizó un formato donde se anotaba el número de la percha (para poder ver la trazabilidad de la misma en la

planta), el número de operarios que han trabajado en la percha, el tipo y cantidad de material, peso de la percha, disposición de material y tiempo de trabajo.

A la hora de clasificar los materiales se ha tenido en cuenta, al igual que en el apartado anterior, la disposición de los materiales en las perchas, ya que no costará el mismo tiempo colgar angulares en vertical que en diagonal. Profundicemos un poco en la distribución de los materiales en las perchas para poder comprender mejor la relación que guardan con la producción.

Como se explica en el *apartado 6.3. "Cuelgue del material"* de la memoria descriptiva las perchas presentan 24 zonas divididas a lo largo de la misma con 17 posibles puntos de cuelgue en cada una, por lo que en total se dispone de aproximadamente 400 puntos de anclaje normalmente utilizables cuando se cuelgan angulares o cartelas en vertical. Los angulares en diagonal necesitan menor cantidad de anclajes, cómo máximo 8 puntos de sujeción en el caso en el que se divida la percha en dos zonas. Veamos ahora dos casos extremos de cuelgue de estos tipos de material.

Para el caso de colgar angulares en vertical se utilizará ganchos simples o dobles, tal que se suspendan uno o dos angulares. Como se especifico en el apartado anterior los angulares en vertical suelen ser de espesor < 8mm y longitud < 2000mm y disponen de al menos dos taladros cada uno en un extremo. Si los angulares son inferiores a 1000mm pueden colgarse una segunda fila suspendida de la primera utilizando unos ganchos en forma de C. Según esta descripción podríamos llegar a colgar en una percha, donde se utilicen ganchos dobles y se añada una segunda fila de angulares, aproximadamente 1200 angulares de 5mm espesor, de 50mm de

ancho y 1000mm de longitud. Dicha percha vendría a pesar unos 4800 Kg, siendo el peso individual de cada angular de 4 Kg

La situación de colgar angulares en diagonal puede resultar más sencilla. Pongamos el ejemplo de colgar angulares de ala ancha de 11000mm de longitud. Para facilitar el cuelgue, los carretilleros dejan los angulares sobre unos bancos de trabajo, situados debajo de la percha, donde se facilita el movimiento de los mismos. Los angulares se colocaran, con el vértice hacia arriba, a lo largo de todo el banco de tal manera que una vez estén todos parejos se les insertará un utillaje en forma de peine al que se quedarán fijados a través de un gancho de gran longitud. Este utillaje se unirá a la percha a través de cadenas, las cuales serán más o menos largas en función de la inclinación que se desee dar al material. En este caso si suponemos que se tratan de angulares de 15mm de espesor, de 20 mm de ancho y 12000 mm de longitud; podríamos colgar 11 angulares tal que la percha llegara a pesar 3300 Kg (300 Kg/ angular)

Si comparamos ambas situaciones se percibe que el cuelgue de materiales en diagonal supondrá menor esfuerzo, menor tiempo por lo que la relación Kg/h será mayor favoreciéndose una mayor producción. Para comprobar si esta suposición es correcta, trataremos de analizar los datos obtenidos y establecer cuáles son los tiempos óptimos de cuelgue y descuelgue, la distribución más favorable, la menos favorable...

ANÁLISIS DE LOS DATOS

CUELGUE

Como puede observarse en el *Anexo 3 "Tablas y gráficos de la relación hombre / producción"* los tiempos y los pesos de las perchas no siguen una tendencia lineal porque en función de la cantidad y el tipo de material que halla, así se dispondrán las perchas, de manera que:

- Para piezas en vertical se pueden utilizar ganchos simples o dobles, disponer 1 ó 2 filas, ocupar o no todos los posibles ganchos...
- Para piezas en angular se rellenarán todos los huecos posibles en el utillaje tipo peine o no, se colocarán 1, 2 ó 3 alturas, se dividirán la percha en 1 o 2 dos zonas de cuelgue, se mezclarán angulares de distinta ala...

En el caso de las perchas donde se va a trabajar con material en vertical no se tiene en cuenta el tiempo empleado en colgar los ganchos ya que se intenta no descolgarlos. De manera que se podría decir que existe un determinado número de perchas utilizadas exclusivamente para material en vertical. En caso necesario de que faltasen perchas con ganchos se colgarían, lo que supondrían un tiempo de aproximadamente 25 minutos / hombre. También podría darse el caso opuesto de que no fuesen necesarios los ganchos por lo que se descolgarían en un tiempo estimado de 15min/hombre.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Debido a esta falta de tendencia no hablaremos de tiempos óptimos sino de tiempos medios de cada material en cuelgue. Esto es así porque no podemos actuar sobre la forma de colgar, ni el peso a cargar en la percha... ya sólo depende del material que halla y esto, a su vez, sólo depende del cliente y de la urgencia del pedido. Del mismo modo actuaremos con el peso medio y con la relación hombre / producción. A continuación se resume los datos obtenidos:

Material (Cuelgue)	Peso medio (Kg) percha	Tiempo medio (h.) percha	(Kg/h) medio percha	(Kg/h-hombre) medio percha
Angular en Vertical	3351	2:00	1819	1065
Angular en Diagonal (2 amarres)	2372	0:36	3951	1975
Angular en Diagonal Ala Corta (4 amarres)	3313	1:22	2420	1210
Angular en Diagonal Ala Corta-Ancha (4 amarres)	3844	1:18	3030	1515
Angular en Diagonal Ala Ancha (4 amarres)	4092	1:12	3515	1757
Cartela	3821	1:55	2059	1029
Varios	3396	2:20	1963	981

Destacar que todas las columnas son independientes entre sí ya que han sido halladas como la media de los valores correspondientes a distintas perchas a través de las tablas ubicadas en el *Anexo 3 "Tablas y gráficos de la relación hombre / producción"*. De esta manera se evita acumular errores

por la tendencia de los datos si lo hubiésemos calculado como Kg_{medio}/h_{media} .

Si nos fijamos en el angular en vertical, vemos que supone una proporción Kg/h muy inferior a los Kg/h del angular en diagonal de 2 amarres, por lo que la suposición hecha anteriormente ha quedado demostrada.

También cabe destacar que no se cumple la relación de a mayor peso mayor tiempo empleado, por lo explicado anteriormente. Es más costoso colgar 400 angulares en vertical que 90 angulares en diagonal, ya que éstos últimos cuentan con la ayuda de un banco y del carretillero.

Los materiales varios representa la situación más desfavorable ya que suponen mucho tiempo colgarlo para el poco peso que representan. Sin embargo los angulares en diagonal resultan bastante rentables porque supone un menor esfuerzo físico para los operarios, menor tiempo empleado y mayor peso en las perchas.

Para poder obtener una relación hombre/ producción del departamento de cuelgue de nuevo tendremos que hacer una media a su vez de los valores medios anteriores, ya que será la única forma de poder estimar dicha relación.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

De forma que obtenemos los siguientes resultados:

Peso medio (Kg) Cuelgue	Tiempo medio (h.) Cuelgue	(Kg/hora) medio Cuelgue	(Kg/h-hombre)medio Cuelgue
3455	1:32	2679	1362

donde podemos concluir:

- Tiempo necesario entre percha y percha en cuelgue será de 1 hora y media.
- El peso medio de carga de las perchas será de más o menos 3500 Kg por lo que supone una pérdida de capacidad de 1700Kg ya que la capacidad óptima sería de 5200 Kg .
- Normalmente en cuelgue trabajan dos operarios por percha por lo que obtenemos que en una hora serían capaces de colgar 2679 Kg
- Por último hemos obtenido lo que buscábamos al principio y es la relación hombre / producción donde se establece que:

1 hombre genera en una hora 1362 Kg de producción

DESCUELQUE

Al igual que ocurre en cuelgue, si observamos las tablas adjuntas correspondientes *Anexo 3 "Tablas y gráficos de la relación hombre / producción"*, podemos comprobar que tampoco existe una tendencia a seguir por los pesos y tiempos de las perchas. Esto se debe a las mismas razones planteadas en cuelgue: para piezas en vertical se pueden utilizar ganchos simples o dobles, una o dos filas...; para piezas en diagonal pueden existir distintas alturas...

Pero en esta ocasión aparece un nuevo factor que influye a esta desviación: la calidad del galvanizado ya que se traducirá en una mayor o menor necesidad de repaso. Este factor afecta sobremanera a los angulares en vertical ya que todas las piezas que formen las perchas (que puede llegar a sumar hasta 1200 piezas) necesitan como mínimo, repaso de la gota punzante formada por el escurrido del zinc, además de, en ciertas ocasiones, repaso de los taladros por lo que se puede convertir en una ardua tarea.

También existe diferencia respecto a cuelgue en el número de operarios. Mientras que en éste el número de operarios por percha suele mantenerse relativamente fijo, salvo en contadas ocasiones como en angulares en vertical o en cartelas donde puede trabajar uno, dos o tres operarios, lo normal es que existe dos operarios por percha. Para descuelgue el límite no está tan claramente definido ya que pueden trabajar varias personas en una misma percha y a mitad de la misma desplazarse a otra, para una percha de angulares con 4 amarres pueden trabajar cuatro personas, en cartelas hasta 6 personas... Esto es fundamentalmente consecuencia de que los puestos de trabajo no están limitados tan

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

visiblemente como en cuelgue, donde se dispone de un elevador por percha mientras que en descuelgue sólo existen tres elevadores por lo que se posibilita, por ejemplo, el trabajo de un operario en dos perchas a la vez.

Del mismo modo que en cuelgue no hablaremos de tiempos, ni de pesos, ni de relación hombre / producción óptimos sino de valores medios de cada material en descuelgue. En la tabla siguiente se muestran los resultados obtenidos:

Material (Descuelgue)	Peso medio (Kg) percha	Tiempo medio (h.) percha	(Kg/h) medio percha	(Kg/h·hombre) medio percha
Angular en Vertical	3902	2:01	1949	865
Angular en Diagonal (2 amarres)	2647	0:25	6550	3275
Angular en Diagonal Ala Corta (4 amarres)	3637	1:36	2359	1179
Angular en Diagonal Ala Corta-Ancha (4 amarres)	3881	1:12	3704	1401
Angular en Diagonal Ala Ancha (4 amarres)	3913	1:10	3453	1558
Cartela	3193	1:42	2047	1596
Varios	1658	1:33	1104	829

Como se indicó en cuelgue, las columnas son independientes por las razones antes expresadas. Respecto a la relación peso/ tiempo, también se cumple que no existe ninguna relación proporcional entre ambos valores.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

De nuevo los materiales varios representa la situación más desfavorable ya que suponen mucho tiempo para repararlo porque normalmente tienen más huecos, geometrías más complicadas que dificultan la correcta entrada y salida del zinc lo que genera ampollas, arrastres de cenizas... También coincide que la situación más rentable son los angulares en diagonal porque se descuelgan sobre bancos que favorece su repaso y su posterior apilamiento consiguiéndose tiempos muy bajos para pesos altos.

La única distinción que podría hacerse respecto a cuelgue sería referente a las cartelas. Suponen mayor tiempo colgarlas porque se asemeja a los angulares en vertical pero no comparten con estos la dificultad de repaso porque gracias a la geometría que poseen disponen de mayor superficie de contacto en el crisol que los angulares favoreciéndose un mejor escurrido del zinc y mayor facilidad para posibles repasos.

Siguiendo el mismo procedimiento que en cuelgue hallamos los valores medios en general en descuelgue como la media de todos los materiales tal que obtenemos los siguientes

De forma que obtenemos los siguientes resultados:

Peso medio (Kg..) Descuelgue	Tiempo medio (h.) Descuelgue	(Kg/hora) medio Descuelgue	(Kg/h-hombre)medio Descuelgue
3261	1:23	3024	1529

donde podemos concluir:

- Tiempo necesario entre percha y percha en cuelgue será aproximadamente de 1 hora y veinte.
- El peso medio de carga de las perchas será de más o menos 3260 Kg por lo que supone una pérdida de capacidad de 1940Kg ya que la capacidad óptima sería de 5200 Kg.
- El número de operarios no está tan bien definido como en cuelgue pero examinando los datos en las tablas vemos que mayoritariamente suelen trabajar dos operario por percha tal que descargarían 3000 Kg en una hora.
- Para finalizar hemos obtenido lo que buscábamos al principio y es la relación hombre / producción donde se establece que:

1 hombre genera en una hora 1529 Kg de producción

Si comparemos los valores obtenidos en cuelgue y descuelgue:

	CUELGUE	DESCUELGUE
Peso medio (Kg..)	3455	3261
Tiempo medio (h.)	1:32	1:23
(Kg/hora) medio	2679	3024
(Kg/h-hombre)medio	1362	1529

La diferencia entre pesos medios no es significativa ya que se supone que debería ser prácticamente la misma ya que lógicamente lo que se cuelga se descuelga.

Si es más notable, que se tarde menor tiempo en descolgar una percha que en colgarla, por lo que la relación hombre / producción será más favorable en descuelgue. Esto permitirá menor personal en descuelgue que en cuelgue para igualar la producción de ambos departamentos.

7.2.4. Capacidad productiva de los baños

La última variable que vamos a tener en cuenta es la capacidad productiva de los baños ya que estos también marcaran el ritmo de trabajo.

Fundamentalmente nos centraremos en los baños de desengrase y de decapado ya que son los que requieren mayor tiempo para aplicar su tratamiento.

Como vimos en el *apartado 6.4. "Etapas de acondicionamiento"* de la memoria, el desengrase y el decapado son tratamientos superficiales necesarios para obtener una superficie limpia para que las sales del flux se adhieran bien a las piezas y se logró un adecuado galvanizado.

El desengrase será el encargado de eliminar los residuos de grasa y aceites de las superficies de las piezas para favorecer un correcto decapado de las mismas. La efectividad del baño de desengrase depende

fundamentalmente de la concentración de los agentes desengrasantes, temperatura del propio baño y duración del tratamiento.

El decapado tiene como objeto eliminar los óxidos metálicos, la cascarilla de fabricación, el óxido de recocido y el orín de las piezas para que se queden químicamente limpias para su posterior tratamiento en el flux. Al igual que el desengrase la efectividad del baño de decapado depende fundamentalmente de la concentración del ácido, concentración en hierro, temperatura del baño y duración del tratamiento.

Tal y como se recogen en la figura 25 la velocidad de la reacción de decapado aumenta en función de la concentración de ácido clorhídrico. Así, a alta concentración de ácido (≈ 200 g/l HCl) el decapado es espectacularmente rápido por lo que suele darse un ataque al material base. Por debajo de los 150g/l de clorhídrico, el tiempo de decapado es más uniforme y permite una gestión óptima de la acidez del baño.

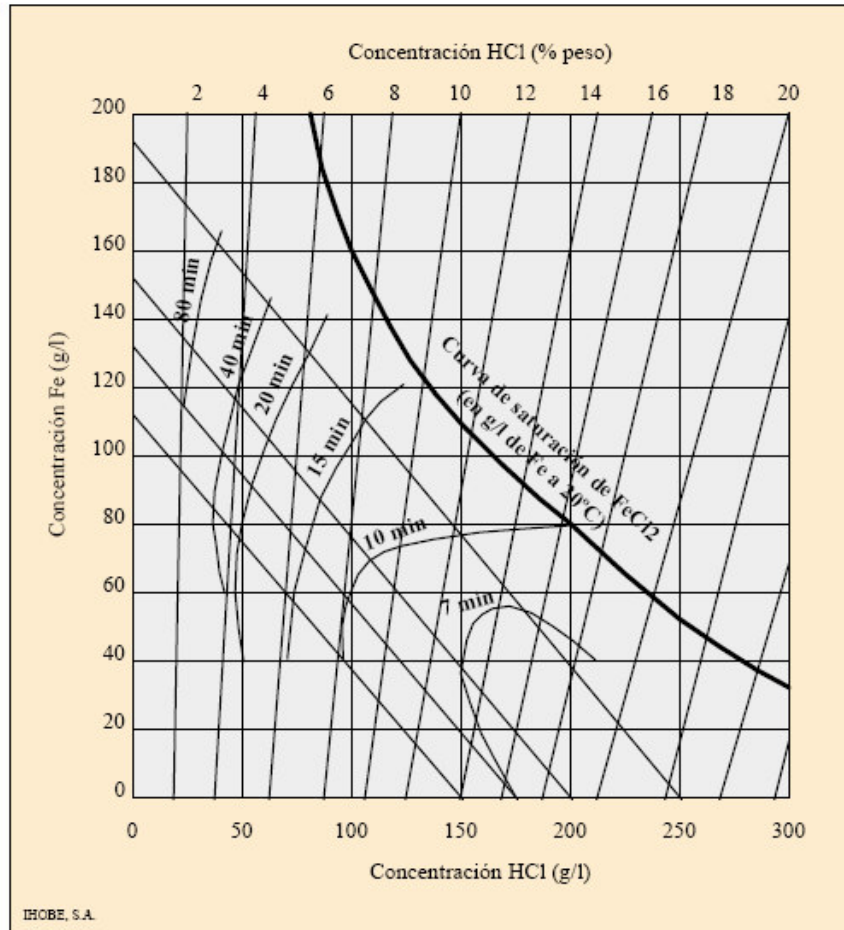


Figura 25. Relación entre tiempo de decapado y composición del baño de decapado a 20°C

Cabe destacar también la gran influencia de la temperatura de la solución de decapado sobre la velocidad de decapado (figura 26). Así, un incremento de la temperatura de 10°C a 20°C permite casi duplicar dicha velocidad.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

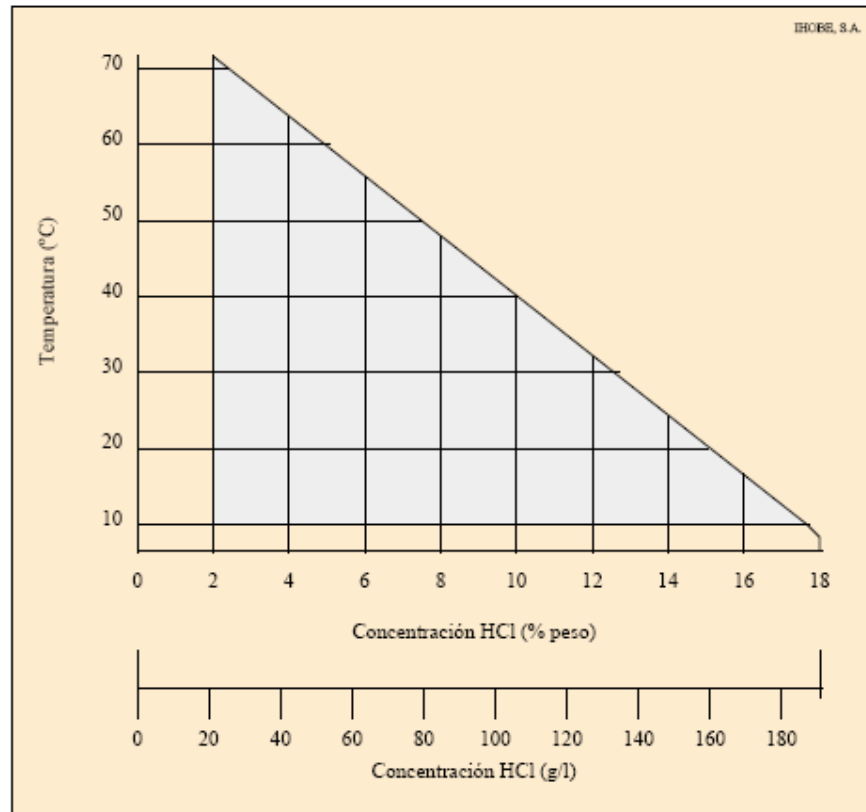


Figura 26. Recomendación de concentraciones límites de trabajo de baños de decapado de ácido clorhídrico en función de la temperatura, desde el aspecto de salud laboral y velocidad de reacción de decapado

Estas figuras presentan situaciones ideales porque, hoy en día, y sobre todo en el caso que nos concierne, no existen tiempos exactos debido a la poca uniformidad de los materiales que se envían a galvanizar y sobre todo, a la cantidad variable de óxido que traen los materiales. Como consecuencia se utiliza la inspección visual como método más adecuado para controlar el estado de decapado de los materiales.

Por lo tanto, para establecer cuáles son los tiempos invertidos en los baños, utilizaremos la experiencia del acidero (persona encargada de las inmersiones en los baños) y de nuevo la recogida de datos.

En esta ocasión no resulta representativo realizar una clasificación de los materiales porque como ya hemos dicho anteriormente el tiempo necesario vendrá marcado fundamentalmente por la cantidad de óxido que traiga.

A continuación se muestran los resultados obtenidos para los baños de desengrase y decapado tras haber hallado la media de los datos recogidos en el *Anexo 3: "Tiempos de desengrase y decapado"*.

	Tiempo de inmersión (h.)	Nº de baños
Desengrase	0:29	2
Decapado	1:00	6

Como es lógico será necesario un mayor número de baños de decapado ya que supone el doble de tiempo por inmersión por lo que serán imprescindibles para evitar paradas en la producción.

7.3. CONCLUSIÓN

Comenzaremos por hacer un breve recordatorio de los resultados obtenidos para cada variable:

- A pesar de la capacidad que aporta el horno para trabajar con perchas de 6600 Kg esto no será posible por el impedimento logístico de la carga que soportan las grúas y el elevado peso de las perchas. Por lo tanto una posible modificación podría ser cambiar los puentes grúas.
- Tras realizar el estudio en crisol se estableció que el tiempo mínimo entre inmersión e inmersión sería de 9 minutos lo que significaría, en el mejor de los casos, realizar 6 inmersiones a la hora. En este sentido, no cabe ninguna modificación porque el tiempo en crisol lo marca el espesor que debe de obtener la pieza por norma.
- En el proceso de cuelgue obtuvimos que estadísticamente un operario carga 1362 Kg en una hora y en el proceso de descuelgue un operario descuelga 1529 Kg en una hora. Esta relación puede modificarse si se varían el número de operarios, el número de perchas...
- Por último hemos obtenido que el tiempo medio de inmersión en el desengrase es de 30 minutos y en el decapado de una hora. Como hemos visto estos tiempos, dependen fundamentalmente de las grasas y óxidos que traigan las piezas, pero se podrían reducir mediante un control analítico de las perchas

Estas han sido las variables que mayoritariamente afectan a la producción. Ahora intentaremos ir dando posibles soluciones para lograr nuestro objetivo: aumentar el doble nuestra producción.

8. POSIBLES MODIFICACIONES A REALIZAR

8.1. INTRODUCCIÓN

Como se plantea en el objetivo del proyecto, queremos duplicar la producción de una planta galvanizadora consiguiéndose alcanzar las 360 Tn/día.

Para ello sobre la base de las conclusiones obtenidas en el *apartado 7. "Principales variables que afectan a la producción"* de la memoria descriptiva, estableceremos situaciones, en las que se mezclaran diversos factores: número de operarios, número de baños, número de elevadores... de tal manera que alcancemos nuestro objetivo del modo más económicamente rentable.

En primer lugar, será necesario especificar la situación en la que inicialmente nos encontramos:

- Capacidad productiva de la planta actualmente: 180 Tn / día
- Nº de turnos: 2 (8 horas / turno)
- Número de operarios en el proceso de cuelgue: 10 hombres

- Número de operarios en el proceso de descuelgue: 9 hombres
- Número de operarios en el proceso de crisol-baños: 6 hombres.
- Número de encargados por turno: 3 (cuelgue, crisol-baños y descuelgue)
- Número de puestos de trabajo en el proceso de cuelgue: 5 puestos correspondientes a 10 elevadores
- Número de puestos de trabajo en el proceso de descuelgue: 4 puestos correspondientes a 6 elevadores y a 4 borriquetas. Señalar que cada elevador
- Nº de baños de desengrase: 2 baños
- Nº de baños de decapado: 6 baños.
- Capacidad de carga de la grúa: 10 Toneladas.
- Número de grúas: 3 grúas de 5 + 5 Ton. en el área de cuelgue –descuelgue, y otras 3 grúas en el área de crisol-baños.
- Número de carretillas: 1 carretilla para cuelgue y otra para descuelgue.

Teniendo en cuenta estos datos, estamos capacitados para comenzar a indagar en cada uno de estos factores, aislados o en combinación, para tratar de descubrir las modificaciones necesarias a realizar.

8.2. NÚMERO DE TURNOS

El número de turnos vendrá limitado por la capacidad productiva del horno y por la capacidad de carga de los puentes grúas.

Suponemos que se tratarán de turnos de ocho horas, lo que dará lugar a 3 turnos diarios como máximo.

Teniendo en cuenta la capacidad del horno que permitía realizar inmersiones cada 10 minutos de 6600 Kg y la capacidad productiva de 360 Tn / día que queremos alcanzar tendríamos:

8.2.1. Un solo turno

360 Tn / día repartidas en un turno de 8 horas equivaldría a 45 Tn / hora. Teniendo en cuenta que el tiempo entre inmersión mínimo es de 10 minutos llegaríamos a trabajar con inmersiones de 7500 Kg. Este valor supera a los 6600 Kg / inmersión que permite la capacidad del horno por lo que sería inviable.

No se plantea la posible sustitución del horno por uno que aporte mayor capacidad porque encarecería considerablemente el presupuesto ya que con dicha modificación sería necesario cambiar también los puentes grúas porque la capacidad máxima de carga que permiten es de 5200 Kg / inmersión.

La modificación de los puentes grúas no se contempla porque en la planta existe un total de 5 puentes grúas con capacidad para 10 Toneladas

por lo que sería necesario la sustitución de todos a la vez, hecho que encarecía considerablemente el presupuesto.

8.2.2. Dos turnos

Utilizando el mismo planteamiento que en la situación anterior tendremos que será necesario producir 3750 Kg / inmersión. Es inferior a la capacidad del horno y a la capacidad de la grúa que es más restrictiva por lo que sería viable trabajar a dos turnos.

8.2.3. Tres turnos

Como cabe de esperar, las inmersiones podrán disminuir hasta 2500 Kg / inmersión cumpliéndose holgadamente los límites.

8.2.4. Conclusión

Resumiendo, rechazaremos la posibilidad de trabajar a un solo turno y analizaremos posteriormente en combinación con otros factores que sería más recomendable si trabajar a dos o tres turnos.

8.3. NÚMERO DE OPERARIOS

Para analizar este factor tendremos en cuentas los resultados obtenidos en el apartado 7.2.3. “Relación hombre / producción” de la memoria descriptiva donde se establecía los siguientes valores:

	CUELQUE	DESCUELQUE
(Kg/h-hombre)medio	1362	1529

No analizaremos este factor aisladamente, sino diferenciando el número de turnos.

8.3.1. Modificación del nº de operarios a dos turnos

Con dos turnos, equivalentes a 16 horas, obtendríamos una producción de 22500 Kg / h. Si lo relacionamos con los kilogramos producidos por un hombre en el proceso de cuelque y descuelque tendremos el número de hombres por hora necesarios en ambas partes.

Teniendo en cuenta que actualmente se trabaja a dos turnos, con 10 hombres en cuelque y 9 en descuelque, podremos hallar el número de operarios que sería necesario contratar por turno. Obtenido este valor podremos hallar el número total de hombres que sería necesario contratar. A continuación se muestran los resultados:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

	CUELQUE	DESCUELQUE
Nº de operarios / h necesarios	17 hombres / h	15 hombres / h
Nº de operarios a contratar por turno	7 hombres	6 hombres
Nº de operarios a contratar por día	14 hombres	12 hombres

Nº total de operarios a contratar	26 hombres
--	-------------------

8.3.2. Modificación del nº de operarios a tres turnos

Siguiendo el mismo esquema que en la situación anterior, pero teniendo en cuenta que la producción por hora ha disminuido a 15000 Kg / h (se trabaja 24 horas) y que será necesario añadir un turno completo de personal formado por 28 hombres:

- 10 hombres en el proceso de cuelque
- 9 hombres en el proceso de descuelque
- 6 hombres en los procesos de crisol y baños
- 2 hombres en patio como carretilleros
- 1 hombre mantenimiento
- 4 encargados: patio, cuelque, baño-crisol y descuelque

obtendríamos los siguientes resultados:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

	CUELGUE	DESCUELGUE
Nº de operarios / h necesarios	11 hombres / h	10 hombres / h
Nº de operarios a contratar por turno	1 hombre	1 hombre
Nº de operarios a contratar por día	(3 + 10) hombres	(3+ 9) hombres

Nº total de operarios a contratar	38 hombres
--	-------------------

El número total de operarios a contratar se ha obtenido como la suma de el personal de un turno de completo (32 hombres) más el personal que era necesario añadir a cada turno de cuelgue (1 x 3 hombres) y descuelgue (1 x 3 hombres).

Por lo tanto el turno completo trabajando a 24 horas estará formado por los 28 hombres, inicialmente planteado, más un hombre en cuelgue y otro en descuelgue. En total se obtendrán tres turnos de 30 hombres.

8.3.3. Conclusión

Observando los resultados obtenidos en ambas situaciones se comprueba que la opción de seguir trabajando en dos turnos sería más rentable que cambiar a tres turnos pero será necesario tener en cuenta otros factores como por ejemplo, el número de puestos de trabajo y la capacidad de los baños.

8.4. NÚMERO DE PUESTOS DE TRABAJO

El número de puestos de trabajo será función del número de trabajadores por ello tendremos en cuenta los resultados del *apartado 8.3. "Número de operarios"* de la memoria descriptiva.

El número óptimo de trabajadores por puesto de trabajo es de 2 personas. Se ha comprobado experimentalmente que un equipo de dos personas es más rentable que uno de tres o de cuatro. Esto puede deberse a que se crea un mayor vínculo entre dos personas, se llega a trabajar de manera más coordinada, existe mejor comunicación, mejor planificación...

También sería interesante que existiera un grupo de 3 personas para el cuelgue y descuelgue de angulares en vertical, cartelas... porque necesitan mayor tiempo para su producción como se observa en las tablas de tiempo óptimo en cuelgue del *apartado 7.2.2. "Tiempo en crisol"* de la memoria descriptiva.

Teniendo en cuenta la distribución que existe actualmente:

- 5 puestos de trabajo en cuelgue: 5 parejas de operarios.
- 4 puestos de trabajo en descuelgue: 2 parejas y un grupo de 3 operarios en los elevadores y una pareja en las borriquetas.

Analizaremos de nuevo por separado trabajar a dos o a tres turnos, considerando el número de operarios necesarios para cada caso.

8.4.1. Modificación del nº de puestos de trabajo a dos turnos

En cuelgue necesitábamos 7 hombres más para soportar el aumento de la producción por lo que la combinación más adecuada sería añadir tres puestos de trabajo consistente en seis elevadores donde trabajasen dos parejas y un grupo de tres personas.

En cuelgue no se utiliza los bancos como un puesto de trabajo aislado porque siempre se necesitará tener un elevador para soportar la percha durante el proceso de colgar los materiales. En el caso de descuelgue un banco por sí solo sí puede ser un puesto de trabajo para el caso de trabajar con angulares en diagonal, ya que la percha se deposita sobre el banco y se liberan las cadenas que mantienen unido el material a la misma no siendo necesario ningún elevador porque ya la percha ha sido liberada y trasladada a otra zona.

Para descuelgue necesitábamos 6 hombres más para favorecer el aumento de la producción por lo que la combinación más adecuada sería cuatro elevadores para dos parejas y borriquetas para la tercera pareja.

Apuntar que los elevadores siempre se utilizarán dobles para soportar cada uno de ellos un extremo de la percha cuando se encuentra suspendida. Por lo que en un puesto de trabajo encontraríamos dos elevadores.

Resumiendo precisaremos:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

	CUELGUE	DESCUELGUE
Nº de puestos de trabajo a añadir	3 puestos de trabajo: 6 elevadores	3 puestos de trabajo: 4 elevadores 4 borriquetas
Total elevadores	10 elevadores	
Total borriquetas	4 borriquetas	

Antes de concluir, haremos referencia a un factor no tenido en cuenta hasta ahora y es que si concentramos la producción en dos turnos teóricamente necesitaríamos tener el doble de utillaje y herramientas, el doble de puentes grúas, el doble de carretillas en patio, el doble mantenimiento de los nuevos elevadores...

Realmente no sería tan exacto porque los puentes grúas no están en continuo movimiento por lo que no se necesitaría el doble de ellos. La experiencia nos dice que con un puente grúa más, compartido para cuelgue y descuelgue, sería suficiente.

Igual ocurre con el utillaje y las herramientas, se necesitaría aumentarlos de manera proporcional al aumento de los puestos de trabajo. Por lo que si aumentamos 6 puestos de trabajo sobre los 9 que ya existen, supondría un 67%. Este porcentaje será el adecuado para aumentar el utillaje y las herramientas.

Respecto a las carretillas no sería idóneo añadir dos más porque se molestarían unas a las otras. Tal vez se podría aumentar sólo una carretilla

más para ser utilizada exclusivamente en la carga de camiones con el material galvanizado. Será necesario además de un hombre encargado del manejo de dicha carretilla.

Los elevadores no requieren un continuo mantenimiento por lo que se no se verá significativamente afectado el personal de mantenimiento.

Teniendo en cuenta estas últimas modificaciones estaríamos ya capacitados para estimar un presupuesto correspondiente a los cambios en el personal y en los puestos de trabajo. Se desglosaría en:

- Contratación de 28 hombres.
- Compra e instalación de 10 elevadores.
- Compra de un grupo de borriquetas.
- Compra de un puente grúa.
- Compra de un 67% más de utillaje y herramientas.
- Compra de una carretilla y contratación de un carretillero.

Contratación de 28 hombres

Para hallar este presupuesto haremos uso del documento ubicado en los anexos de la memoria *Anexo 4 "XIV Convenio Colectivo General de la industria química"* referente a la revisión salarial del colectivo de la Industria Química por el que se fija la tabla de salarios mínimos anuales por grupos profesionales.

El personal que necesitamos serán operarios de planta sin excesiva cualificación por lo que pertenecerán al grupo 1 que supone 11747,02 € / años tal que:

$$\text{Coste} = 28 \text{ operarios} \times 11747,02 \text{ € / año} \cdot \text{operario} = 328916,56\text{€ / año}$$

Tendremos en cuenta el presupuesto para un año para poder posteriormente comparar con los beneficios obtenidos y establecer a partir de que momento los beneficios superan a los gastos.

Compra de 10 elevadores

El objeto de los elevadores será el de acoger las perchas para su elevación a la altura idónea para el cuelgue de las piezas y para su posterior descuelgue.

Cada estación estará prevista para una carga de 5 Tm con un alto de apoyo regulable desde 1.800 hasta 3100 mm. (útil). Serán necesarios dos motores por estación de 4 Kw con motorreductor W11OU1/10Pam 100.

Como puede apreciarse en el *plano 4 " Elevador"* adjunto en el proyecto la tecnología pertenece a un grupo italiano que presupuesta cada elevador en 14000 € /elevador, (bombas e instalación incluidos en el precio) por lo que nuestro presupuesto ascenderá hasta:

$$\text{Coste} = 14000 \times 10 = 140000 \text{ €}$$

Al añadir 10 elevadores será necesario realizar una serie de reformas en la planta para situar tantos elevadores. Se podrían plantear varias soluciones: reducirán las distancias entre ellos y desplazar la zona de taller de reparación a otra ubicación; construir una pequeña nave contigua a la zona de los elevadores donde ubicar a los nuevos de manera que se comuniquen ambas naves a través de los transfer; etc... Estas reformas no serán objeto de estudio en estos momentos, serán analizadas en profundidad si realmente fuera conveniente añadir los 10 elevadores ya que se prevé que se encarecía considerablemente el presupuesto.

Compra de borriquetas

Estas serán utilizadas para aliviar la carga de trabajo ya que será utilizado exclusivamente para angulares en diagonal, de tal manera que se libere de la percha y esta pueda ser trasladada inmediatamente a cuelgue.

Cada borriqueta tendrá una longitud de 7 metros, una altura de 0,5 metros y estará constituido por perfiles en hierro.

El coste individual de cada borriqueta alcanza los 269 €. Será necesario un máximo de cuatro borriquetas para que el caso de descolgar perchas con angulares en diagonal de cuatro amarres tengan un apoyo cada uno de los amarres .

Coste borriquetas = 4 borriquetas x 268 € / borriqueta = 1072 €

Coste borriquetas = 1072 €

Compra de un puente grúa

Como se ha explicado anteriormente el aumento de los puestos de trabajo generará a su vez el aumento de los movimientos de los puentes grúas por lo que sería conveniente añadir un puente grúa en el centro de los dos departamentos de cuelgue y descuelgue para ser utilizado como auxiliar en la descarga de materiales de gran pesaje directamente desde los camiones, para ayudar al movimiento de grandes estructuras en los bancos...

Elegiremos un puente grúa de 8 + 8 T x 22m con una serie de características descritas en el documento ubicado en los anexos del presente proyecto *Anexo 5 "Características: puente grúa 8 +8 T"* . El precio correspondiente a la compra, montaje y mantenimiento de la grúa de 8+8 T. x 22m. sería de 42000€ / grúa.

Coste puente grúa = 42000€

En el apartado 11.5. *"Manejo del puente grúa"* de la memoria descriptiva podemos observar los principales riesgos generados del uso del puente grúa.

Compra de 67% de utillaje y herramientas

Como se ha deducido unas pocas líneas arriba el aumento de los puestos de trabajo se correspondería con un aumento del 67% en utillaje y herramientas.

El utillaje metálico utilizado consiste en ganchos, peines, cestos metálicos... Mientras que las herramientas más utilizadas son alicates y limas. La compra del 100% de ellos supondría un coste de 48000€ al ser sólo necesario un 67% equivaldría a:

$$\text{Coste} = 0,67 \times 48000 \text{ €} = 32160 \text{ €}$$

En el apartado 11.4. “*Uso de herramientas de mano*” haremos referencia a los riesgos que puede generar un mal uso de las herramientas de mano, más concretamente los alicates y las limas.

Compra de una carretilla

Debido al aumento de la producción será necesario tener al menos una carretilla más encargada exclusivamente de la carga de los camiones con material galvanizado. Las otras dos podrán ser utilizada para la descarga de camiones y para llevar el material a las zonas de cuelgue.

Se adquirirá una carretilla elevadora que cumpla estrictamente la normativa de homologación en emisiones y ruidos con una capacidad de 5 Toneladas. Supondrá un coste de sin tener en cuenta el derivado de los gastos de gasolina y mantenimiento de 37500€.

En el apartado 11.3. “*Manejo de carretillas*” encontramos referencia a los riesgos que conlleva el manejo de estas.

No debemos olvidar que será necesario contratar a un carretillero por lo que haciendo uso del documento *Anexo 4 “XIV Convenio Colectivo*

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

General de la industria química” obtenemos el salario anual de un trabajador que equivaldría a 11747 € /año.

Coste carretilla = 37500€

Coste contratación carretillero = 11747 € / año

Presupuesto total estimado

Ya hemos estimado los costes individualmente así que podremos hallar cuanto supondrá trabajar a dos turnos en estas condiciones:

Contratación de 28 hombres.....	328917 €
Compra de 10 elevadores de 5 Ton	140000 €
Compra de 4 borriquetas.....	1072 €
Compra de un puente grúa 5 + 5 Ton	42000 €
Compra de utillaje	32160 €
Compra de carretilla de 5 Ton	37500 €
Contratación de un carretillero	11747 €
Presupuesto Total	593396 €

8.4.2. Modificación del nº de puestos de trabajo a tres turnos

En cuelgue necesitábamos sólo una persona más por turno por lo que no sería necesario añadir ningún elevador ya que formaríamos un grupo de tres personas que viene muy adecuado como se detalla anteriormente para trabajar con perchas de angulares en vertical y cartelas.

En el caso de descuelgue al añadir un hombre más tendríamos 10 personas trabajando lo que significaría un puesto de trabajo más de manera que se formen 5 parejas. Este puesto de trabajo podría ser un banco pero no sería conveniente porque quedaría muy cargado el área de trabajo. Así que se añadirá una pareja de elevadores.

Resumiendo, será necesario añadir:

	CUELGUE	DESCUELGUE
Nº de puestos de trabajo a añadir	No es necesario	2 elevadores
Total elevadores	2 elevadores	

Partiendo de estos datos y los obtenidos en el apartado 8.3.2. “Tres turnos” podemos estimar el presupuesto teniendo en cuenta nuevos factores como serían: extras por nocturnidad, aumento en los gastos de luz y de gas... El presupuesto podría desglosarse en:

- Contratación de 34 hombres.

- Extras por nocturnidad.
- Compra de una pareja de elevadores
- Aumento del gasto de electricidad.
- Aumento del gasto de gas natural.

Contratación de 34 hombres

De nuevo haremos uso del documento ubicado en los anexos de la memoria *Anexo 4 "XIV Convenio Colectivo General de la industria química"* referente a la revisión salarial del colectivo de la Industria Química por el que se fija la tabla de salarios mínimos anuales por grupos profesionales.

El personal que necesitamos serán operarios de planta sin excesiva cualificación por lo que pertenecerán al grupo 1 que supone 11747,02 € / años tal que:

$$\text{Coste} = 34 \text{ operarios} \times 11747,02 \text{ € / año} \cdot \text{operario} = 399398,68 \text{ € / año}$$

Tendremos en cuenta el presupuesto para un año para poder posteriormente comparar con los beneficios obtenidos y establecer a partir de que momento los beneficios superan a los gastos.

Extras por nocturnidad

Tomando como referencia el documento ubicado en los anexos de la memoria Anexo 4 “XIV Convenio Colectivo General de la industria química” se establece por nocturnidad un extra de 8,52 € / noche. De tal manera que aplicaremos este coste a un único turno formado, como vimos en el apartado 8.3.2. *Modificación del nº de operarios a tres turnos*”, por 30 hombres.

Coste = 30hombres x 8,52€/noche ·hombre x 230noches laborables /año = 58788 € /año

Coste nocturnidad = 58788 € / año

Los efectos negativos del turno de noche sobre la salud de las personas se dan a distintos niveles. r una parte se ve alterado el equilibrio biológico, por el desfase de los ritmos corporales y por los cambios en los hábitos alimentarios. También se dan perturbaciones en la vida familiar y social. Por estas y otras muchas razones es necesario aplicar un plus de nocturnidad para apaliar dentro lo que cabe los posibles perjuicios asociados. En el apartado de seguridad 11.2. *“Trabajar a turnos y nocturnidad”* encontramos un estudio que desarrolla en mayor profundidad estos efectos.

Compra de 2 elevadores

El objeto de los elevadores será el de acoger las perchas para su elevación a la altura idónea para el cuelgue de las piezas y para su posterior descuelgue.

Cada estación estará prevista para una carga de 5 Tm con un alto de apoyo regulable desde 1.800 hasta 3100 mm. (útil). Serán necesarios dos motores por estación de 4 Kw con motorreductor W11OU1/10Pam 100.

Como puede apreciarse en el *plano 4 “ Elevador”* adjunto en el proyecto la tecnología pertenece a un grupo italiano que presupuesta cada elevador en 14000 € /elevador, (bombas e instalación incluidos en el precio) por lo que nuestro presupuesto ascenderá hasta:

Coste elevadores = 28000€

Al añadir 2 elevadores no serán necesario realizar grandes reformas en la planta en comparación con el caso de trabajar a dos turnos donde había que añadir 10 elevadores. Al no haberse tenido en cuenta, en dicha situación ,tampoco lo haremos ahora.

Gastos de Electricidad

Teniendo en cuenta el histórico de facturación de electricidad de la planta y que ésta siempre ha tenido las luces encendidas por la noche por la existencia de un turno especial que se ocupa de trabajos de mantenimiento, podremos no tener en cuenta la nocturnidad y estimar el coste del aumento de electricidad como el valor medio facturado en un turno.

Si el gasto medio ha sido de 5800 € / mes trabajando a dos turnos, un solo turno equivaldría a 2900 € /mes, por lo tanto si tomamos este valor para

estimar el gasto adicional que traería consigo trabajar a tres turnos, tendríamos que para un año :

Coste Aumento de electricidad = 34800 € /año

Gastos de Gas Natural

Seguiremos el mismo procedimiento que en el apartado anterior de electricidad. Teniendo en cuenta el histórico de consumo del gas, un mes de trabajo en el horno a dos turnos supondrá 16700 € /mes , por lo que un turno equivaldrá a 8350 € / mes.

Por lo tanto podríamos estimar el gasto adicional de gas por trabajar a tres turnos como el equivalente a un turno de trabajo. Al año esto supondrá un coste de:

Coste Aumento del consumo de Gas = 100200 € /año

Presupuesto total estimado

Ya hemos estimado los costes individualmente así que podremos hallar cuanto supondrá trabajar a tres turnos en estas condiciones:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Contratación de 34 hombres	399398 €
Extras por nocturnidad	58788 €
Compra de 2 elevadores de 5 Ton	28000 €
Aumento de Electricidad	34800 €
Aumento del Gas Natural	100200 €
Presupuesto Total	621186 €

8.4.3. Conclusión

A continuación se recogen en la siguiente tabla los costes estimados para cada situación.

	DOS TURNOS	TRES TURNOS
PRESUPUESTO CUELQUE / DESCUELQUE	593324 €	621186 €

Parecería que trabajar a dos turnos sería más rentable. Aunque esto no sería del todo cierto porque no hemos incluido los gastos derivados de las reformas necesarias para instalar los nuevos elevadores por lo que podríamos decir que ambos se encuentran muy igualados.

A continuación analizaremos la última variable que nos queda para determinar finalmente como sería más conveniente trabajar.

8.5. BAÑOS DE DESENGRASE Y DE DECAPADO

Antes de analizar las posibles modificaciones a realizar en este apartado, tendremos que tener en cuenta la capacidad productiva del horno que como vimos en el apartado 7.2.1. "*Capacidad del horno*" estaba a su vez relacionada con la capacidad de producción del crisol (relación tiempo /crisol) del apartado 7.2.2. "*Tiempo en crisol*".

En dichos apartados llegamos a la conclusión que el tiempo mínimo que se lograba en crisol era de 9 minutos lo que supondría la inmersión máxima de 6 perchas a la hora. Este sería el caso más favorable.

Pero a la hora de buscar soluciones al aumento de la producción tendremos en cuenta una situación intermedia constituida por la media de los tiempos correspondientes al material de red eléctrica (que supone un 85 % de la producción) y el tiempo correspondiente a materiales varios (que supone el 15% de la producción).

De esta manera llevando a cabo la suma ponderada de ambos tiempos, que podemos encontrar en el apartado 7.2.2 "*Tiempo en crisol*", obtenemos que el tiempo real entre inmersiones será de 11 minutos. Este tiempo equivaldrá aproximadamente a 5 inmersiones por hora.

Partiendo del nuevo límite establecido por crisol, 11 minutos cada inmersión, para trabajar a dos turnos (16 horas) podríamos producir como máximo 87 perchas diarias.

Trabajando a tres turnos (24 horas) supondría un máximo de 131 perchas.

Con este nuevo límite en crisol analizaremos las posibles modificaciones necesarias en el proceso de desengrase y decapado.

El proceso cuenta con un único baño doble de desengrase y tres baños dobles de decapado. Teniendo en cuenta los tiempos estimados en el apartado 7.2.4. "*Capacidad productiva de los baños*", 30 minutos para el desengrase y una hora para el decapado, teóricamente podríamos realizar cuatro y seis inmersiones a la hora respectivamente.

Para saber cuantas perchas suponen 360 Toneladas/ día nos fijaremos en los pesos medios obtenidos en el apartado 7.2.3. "*Relación hombre / producción*". Siendo estos muy similares y partiendo de la premisa de que el peso colgado será igual al descolgado, podemos estimar que el peso medio de las perchas será de 3353 Kg, lo que supondría al día 108 perchas producidas.

Si trabajamos a dos turnos esta suposición no se cumpliría debido al límite establecido anteriormente por crisol, por lo que la única solución sería aumentar el peso de las perchas. Relacionando pues, la producción deseada de 360 Ton / día y las 87 perchas máximas posibles de obtener en crisol, tendremos que necesitaríamos cargar hasta 4138 Kg. Este aumento generará mayores costes que analizaremos posteriormente.

Para tres turnos no existiría problemas porque obteníamos al día una producción máxima en crisol de 133 perchas.

Ya estamos listos para analizar como afectaría directamente a los baños este aumento de producción. De nuevo lo haremos por separado diferenciando entre dos y tres turnos.

8.5.1. Modificación de los baños a dos turnos

Debe de cumplir, como ya hemos visto, que el peso de las perchas sea igual a 4137 Kg. que equivaldría a 87 perchas /día.

Recordando la capacidad del desengrase, 4 perchas / hora, y la del decapado, 6 perchas / hora, tendremos al día:

- Desengrase: $4 \times 16 \text{ horas} = 64 \text{ perchas} / \text{día} < 87 \text{ perchas} / \text{día}$.
- Decapado: $6 \times 16 \text{ horas} = 96 \text{ perchas} / \text{día} > 87 \text{ perchas} / \text{día}$.

No cumplimos con los objetivos, por lo que las medidas planteadas para poder solucionar este problema serían:

- Reducir tiempos en el desengrase y decapado a través de un control y mantenimiento adecuado de los baños de manera que se alcancen los valores óptimos expresados en la *Figura 25. Relación entre tiempo de decapado y composición del baño de decapado a 20°C* del apartado 7.2.4. “Capacidad productiva de los baños”
- Aumentar el número de baños . Sería necesario un baño de desengrase simple tal que obtendríamos una capacidad de 6

perchas / hora que se traduciría en 96 perchas / diarias por lo que cumpliríamos con el objetivo.

No debemos de olvidar la principal modificación a realizar sin la cual no tendría sentido ninguna de las anteriores: Aumentar el peso de las perchas. Como ya explicamos anteriormente, será condición necesaria para poder trabajar a dos turnos.

Comenzaremos nuestro análisis económico evaluando el coste que supondrá aumentar el peso en las perchas. Tras cumplir con esta condición necesaria estudiaremos las otras dos medidas adoptadas individualmente o en combinación.

Aumentar el peso de las perchas

Como se explicó anteriormente debemos elevar el peso de las perchas de 3353 Kg.(peso medio obtenido tras analizar las tablas anexas de cuelgue y descuelgue en el *Anexo 2 “Tablas y gráficos de la relación hombre / producción”*) a 4137 Kg.

Una posible solución consistiría en colgar más filas en las perchas pero correremos un doble riesgo: problemas de adherencia y mal acabado superficial.

Los problemas de adherencia surgen en determinados materiales cuando estos alcanzan elevados espesores y no sufren un enfriamiento rápido. Esto genera la formación de estructuras cristalinas en la superficie susceptibles de sufrir grietas o levantamiento del zinc en caso de golpes en

su almacenamiento y/o traslado. Un ejemplo claro sería las perchas de cartelas. Para que la fila superior de este tipo de materiales alcancen el espesor adecuado se corre el riesgo de que la fila inferior alcance un espesor demasiado elevado. Si a esto le unimos un enfriamiento lento, puede dar lugar a problemas de adherencia por lo que no sería muy recomendable elevar en exceso el peso de este tipo de perchas.

Para el caso de angulares en diagonal este efecto no sería apreciable, si lo es en cambio un mal acabado superficial. Si en diagonal colocamos tres o cuatro filas de angulares, además de generarse mayor cantidad de cenizas, puede ocurrir que aquellas formadas en la primera y segunda fila no encuentren salida, y a pesar de favorecer el movimiento de la percha en el interior del crisol, finalmente queden adheridas a las últimas filas. Este problema, en el peor de los casos, obligaría a volver a regalvanizar la percha. Si las cenizas adheridas no son muy elevadas pueden repasarse lo que conllevaría la necesidad de mayor personal en el área de descuelgue para no parar la producción.

De nuevo repetimos la necesidad de elevar los pesos de las perchas para poder trabajar a dos turnos. Posteriormente nos replantearemos si merece la pena esta opción.

Experimentalmente se ha comprobado que el repaso de una percha constituye cerca del 70% del tiempo de trabajo dedicado a ésta en el área de descuelgue. A su vez el repaso de la ceniza sólo constituye un 30 % del tiempo de repaso, si suponemos que se duplica el tiempo de repaso de la ceniza, tendremos un aumento sobre el tiempo total del 21%.

Para evitar que la producción decaiga del objetivo planteado será necesario contratar personal para que sufrague ese aumento del tiempo. Teniendo en cuenta que para dos turnos se precisaban 15 hombres (ver el apartado 8.3.1. "Modificación del nº de operarios a dos turnos"), añadiéndole el 21% obtendríamos que sería necesario contratar al menos 3 hombres más turno.

Por tanto, podremos estimar el coste de aumentar la carga de las perchas como el coste de contratar a 6 hombres. Utilizando el documento *anexo 4 " XIV Convenio Colectivo General de la industria química"* tendríamos:

Coste aumentar el peso de la percha = Coste contratación 6 hombres
= = 6 operarios x 11747,02 € / año · operario = 70482,12€ / año

Coste aumento peso percha = 70482,12 € / año

Reducir los tiempos en los baños

Para reducir los tiempos en el desengrase y el decapado sería necesario llevar un control y mantenimiento estricto de los baños de manera que se encuentren siempre dentro de un intervalo de acción óptimo.

Para conseguir este propósito una medida a adoptar sería la contratación de un laboratorio externo o bien el montaje de nuestro propio laboratorio de manera que se conociese en todo momento el estado de los baños tal que se genere una rápida respuesta cuando la composición del baño no estuviera dentro de los límites óptimos.

Tomando como base teórica la *Figura 25. Relación entre tiempo de decapado y composición del baño de decapado a 20°C* del apartado 7.2.4. “*Capacidad productiva de los baños*” trataremos de llegar a una situación intermedia entre la concentración de ácido clorhídrico y hierro de manera que se consiguiera reducir los tiempos.

A pesar de que se observa claramente que a altas concentraciones de ácido clorhídrico se consigue reducir considerablemente los tiempos de decapado, encontraríamos dos obstáculos. Por un lado, se corre el riesgo de llegar al límite de saturación del FeCl_2 si se pierde el control de la concentración de Fe y por otra parte, supondría mayor consumo de ácido clorhídrico y mayor generación de aguas ácidas.

A esta teoría sería necesario añadirle la experiencia y es que como se planteó en dicho apartado es muy difícil establecer unos tiempos concretos de desengrase y de decapado ya que no todas las piezas traen la misma cantidad de grasas, aceite u óxidos.

Aún así, si seguimos un control exhaustivo consistente en un control semanal de la composición de los baños y un control diario por parte de mantenimiento de la temperatura, pH, agitación ... de los baños lograremos reducir casi un 30% los tiempos empleados en el desengrase y en el decapado tal que considerando que trabajamos 16 horas diarias y que los baños son dobles conseguiríamos obtener aproximadamente:

- Desengrase: 21 min/ percha → 91 perchas / día > 86 perchas / día

- Decapado: 42 min / percha → 137 perchas / día > 86 perchas / día

Con esta medida conseguiremos aumentar el número de perchas a la hora que pasan por el desengrase y decapado con lo que lograremos nuestro objetivo.

El primer año contrataremos un laboratorio especialista en tratamientos superficiales y tras recopilar la información necesaria: material laboratorio, análisis, reactivos... se decidirá el montaje de un laboratorio propio.

A continuación se desglosa el coste de contratación de un laboratorio externo:

- Coste del control del baño de desengrase: 75,35€
- Coste del control del baño de decapado: $75,35 \times 3 = 226,05 \text{ €}$
- Coste del baño de flux: 97,10 €. Será necesario llevar también un control de este baño porque incide directamente en la calidad del galvanizado porque aporta las sales necesarias para actividad la reacción entre el zinc y la superficie de la pieza. Se realizará cada quince días.
- Coste del baño de pasivado: 74,20 €. Influirá en la calidad final de nuestra pieza por lo que sería conveniente realizarlo al menos una vez al mes.

Coste total Laboratorio = $75 \times 4 + 226 \times 4 + 97 \times 2 + 74 = 1472 \text{ € / mes}$

Coste reducir tiempos baños = 17664€ / año

Añadir un baño de desengrase

Como se desarrolla al principio de este apartado sería solamente necesario añadir un baño simple de desengrase para dar cabida a la producción deseada.

El baño tendrá una capacidad unitaria aproximada de 103 m³, ya que sus dimensiones son 14500 x 2200 x 3200 mm. El baño se compondrá de un armazón realizado en hierro recubierto por una capa epoxi y capa de pintura de acabado RAL 8012/15. El recubrimiento interior de la cuba será de chapa de polipropileno de 20 mm de espesor sobre las cinco paredes, en material RAL 70302.

La cuba irá dejada caer sobre soportes de madera, y estos sobre vigas de hierro que a su vez descansan sobre el hormigón; no van atornilladas ni soldadas para favorecer la sustitución o el desmontaje.

El baño contará con una pared de servicios en la que se alojan el intercambiador de calor y la rejilla de ventilación por aspiración.

Para proteger el baño de cualquier rotura que pudiera producirse por impactos durante la introducción de las piezas, tanto el fondo como la pared opuesta a la de servicios se reforzarán con chapa de acero y forrarán con otra capa de polipropileno formando una estructura tipo sándwich.

Estará dotado de sistema de agitación mediante inyección de aire comprimido a través de tuberías perforadas colocadas en esquinas opuestas del baño, favoreciendo así la circulación continua del fluido y prolongando su vida útil.

Estará calefactado para mejorar su eficacia. Se empleará para ello un intercambiador de calor mediante serpentín de agua calentada desde el economizador, cuyo caudal será regulable mediante electroválvulas y sondas de temperatura. La energía para el calentamiento de los baños procederá de los gases de los quemadores, por lo que el consumo energético de esta medida se considerará despreciable.

Tras realizar la descripción del baño y teniendo en cuenta el presupuesto de los baños ya existentes, el coste de añadir un nuevo baño, en este caso simple, se elevará hasta los 157560€.

Coste un baño de desengrase = 157560 €

Presupuesto total estimado

Tras obtener los costes correspondientes a las distintas medidas propuestas se decide actuar sobre el peso de la percha ya que era una condición necesaria para lograr reunir la producción en 16 horas y entre las otras dos restantes se observa claramente que lo más recomendable sería la contratación de un laboratorio para llevar el control de los baños al día porque supone un menor coste y porque el añadir un nuevo generaría costes aún más elevados por la necesidad de realizar reformas.

Coste aumento peso percha.....	70482 €
Coste reducir el tiempo en los baños.....	17664 €
Presupuesto Total	88146 €

8.5.2. Modificación de los baños a tres turnos

Siguiendo el mismo razonamiento planteado pero con la diferencia de que inicialmente no necesitamos reducir el peso de las perchas por lo que nuestro límite a alcanzar sería 108 perchas / día tendremos:

- Desengrase: $4 \times 24 \text{ horas} = 96 \text{ perchas / día} < 108 \text{ perchas / día}$
- Decapado: $6 \times 24 \text{ horas} = 144 \text{ perchas / día} > 108 \text{ perchas / día}$

Como en el caso anterior de nuevo el desengrase es el que presenta mayor problema. Las posibles medidas a tomar podrían serán muy similares:

- Aumentar el peso de las perchas.
- Reducir los tiempos en el desengrase.
- Aumentar el número de baños de desengrase añadiendo un baño simple de manera que alcanzamos una capacidad de 120 perchas / diarias

Aumentar el peso de las perchas

A diferencia del caso anterior no se necesita aumentar el peso de todas las perchas para alcanzar la producción deseada.

En el desengrase encontramos una diferencia de 12 perchas con el objetivo a alcanzar. Esto quiere decir que aumentando un poco el peso de las perchas lograríamos llegar a las 108 perchas diarias.

Siguiendo el mismo razonamiento utilizado para la situación de trabajar a dos turnos, si aumentamos el peso de las perchas corremos el riesgo de que aparezcan problemas de adherencia y mal acabado superficial. En esta ocasión no nos afectarán significativamente porque el peso a aumentar no es considerable. De hecho estamos hablando de subir de 3352 Kg /percha (peso medio obtenido tras analizar las tablas anexas de cuelgue y descuelgue en el *Anexo 2 "Tablas y gráficos de la relación hombre / producción"*) a 3750 Kg (resultado de dividir la producción deseada: 360000 Kg/ día, entre la capacidad máxima de perchas al día del desengrase: 96 perchas / día).

Necesitaremos aumentar el peso de las perchas en aproximadamente 400 Kg. Esto lo podríamos lograr añadiendo una tercera fila a los angulares en diagonal. Al ser menos filas no aparecerán tantos problemas por ceniza adherida a las piezas por lo que el repaso será mucho menor. Para asegurarnos de que la producción no se estanca debido a la necesidad de repasar se añadirá un hombre más en el área de descuelgue por cada turno por lo que el coste de conseguir alcanzar las 108 perchas /diarias equivaldrá a :

Coste aumentar el peso de la percha = Coste contratación 3
hombres= 3 operarios x 11747,02 € / año · operario = 35241,06€ / año

Coste aumentar peso = 35241,06 € / año

Reducir los tiempos en los baños

En esta ocasión al ser tan corta la diferencia con nuestro objetivo no será necesario reducir considerablemente los tiempos, con tan sólo una disminución de 4 minutos alcanzaríamos las 108 perchas / día, ya que cada 25 minutos realizaríamos dos inmersiones que al día supondrían 115 perchas diarias.

Esto nos llevaría a optar por requerir el control del laboratorio cada dos semanas ya que no sería necesario realizar un control tan estricto. Respecto al decapado tenemos un amplio margen por lo que no será necesario realizar un control exhaustivo.

De todas formas es bueno tener conocimiento del estado de nuestros baños para evitar que puedan agotarse o que tengan unas concentraciones no deseadas, por lo cual a pesar de no ser tan necesario el control de un laboratorio decidiremos contratarlo por lo expresado anteriormente.

La diferencia con la situación a dos turnos será que la temporalidad de los análisis se reducirán de manera que el desengrase se realizará cada dos semanas al igual que el flux y el decapado y pasivado mensualmente, por lo que el presupuesto será:

- Coste del control del baño de desengrase: 75,35€
- Coste del control del baño de decapado: $75,35 \times 3 = 226,05$ €
- Coste del baño de flux: 97,10 €.
- Coste del baño de pasivado: 74,20 €

Coste total Laboratorio = $75 \times 2 + 226 \times 1 + 97 \times 2 + 74 = 644 \text{ € / mes}$

Coste reducir tiempos baños = 7728 € / año

Añadir un baño de desengrase

Tras comprobar que con las anteriores medidas se podría llegar a la capacidad necesaria en el desengrase para alcanzar nuestro objetivo sería impensable la idea de añadir un baño por el elevado presupuesto que supone

Presupuesto total estimado

Tras analizar cada una de las medidas propuestas anteriormente elegiremos la contratación del laboratorio en base a que supone un menor coste y ganamos en un mayor control de nuestro proceso lo que se traducirá en una mejora de la calidad del producto final. Por todo ello el presupuesto será:

Coste reducir el tiempo en los baños.....	7728 €
Presupuesto Total	7728 €

8.5.3. Conclusión

A continuación se recogen los costes estimados para las dos opciones estudiadas:

	<i>DOS TURNOS</i>	TRES TURNOS
PRESUPUESTO ZONA DE LOS BAÑOS	88146 €	7728 €

En esta ocasión la situación de trabajar a tres turnos es bastante más favorable que trabajar a dos por que mantenemos el control de los baños y evitamos perder calidad en el producto por un excesivo repaso.

8.6. CONCLUSIÓN FINAL

Ya estamos en condiciones de recopilar todos los costes estimados y decidir cual sería la opción más aconsejable a seguir. Para ello se muestra a continuación una tabla resumida con los mismos.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

	DOS TURNOS	TRES TURNOS
PRESUPUESTO ÁREA CUELGUE / DESCUELGUE	593324 €	621186 €
PRESUPUESTO ÁREA BAÑOS	88146 €	7728 €
PRESUPUESTO TOTAL	681470 €	628914 €

Trabajando a tres turnos conseguimos ahorrar 52556 € / año y elevados costes no incluidos en este análisis por las reformas necesarias si hubiésemos incluidos más elevadores.

Hemos conseguido aumentar nuestra producción a 360000 toneladas horas trabajando a tres turnos de ocho horas.

9. REQUISITOS DE CALIDAD

9.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos planteados en nuestro proyecto era la ejecución de medidas que ayudarán a cumplir con la normativa referente a material galvanizado.

Para ello iniciaremos este apartado profundizando en la norma que regula los recubrimientos obtenidos en el proceso de galvanización en caliente en discontinuo.

Tras ello, trataremos de buscar medidas que nos aseguren el cumplimiento de la misma y desarrollar una guía que nos permita recoger diversas acciones encaminadas a obtener un producto y un proceso con calidad, entendiéndose esta como el cumplimiento de las especificaciones.

9.2. NORMA UNE EN ISO 1461:1999

La norma básica que especifica las características que deben cumplir los recubrimientos galvanizados es la norma española e internacional UNE EN ISO 1461:1999, "Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo", que ha venido a sustituir a la norma UNE 37-501-88.

Esta norma incluye los siguientes aspectos:

- **Define qué es la galvanización.** La galvanización en caliente es el procedimiento de obtención de un recubrimiento de zinc y/o de aleaciones de zinc-hierro sobre productos de hierro y acero, mediante inmersión de los mismos en zinc fundido.
- **Especifica los espesores mínimos** que deben tener los recubrimientos galvanizados en función del espesor del material base. Estos valores están recogidos el documento *Anexo 6 "Espesores de recubrimiento galvanizados según la norma UNE EN ISO 1461:1999"*.
- **Define los procedimientos de toma de muestra y de ensayos** para poder comprobar las exigencias indicadas en las tablas. La determinación del espesor de los recubrimientos puede realizarse utilizando aparatos medidores de la atracción magnética o de la reluctancia magnética, o bien mediante un ensayo gravimétrico que implica la disolución química del recubrimiento de una probeta. El área de la superficie sobre la que se realice el ensayo debe de ser representativa de la superficie total de la pieza o componente, por lo que no pueden seleccionarse para el ensayo todos los extremos de las piezas, para obtener un espesor medio alto, o solamente la parte central de todas las superficies lisas de las mismas, para que resulte un espesor medio bajo.
- **Establece el número de áreas de referencia** que hay que tomar sobre cada pieza, según el tamaño de las mismas, para realizar sobre ellas un número determinado de medidas. Estos

valores se encuentran recogidos en el *Anexo 7 “ Número de áreas a inspeccionar según la norma UNE EN ISO 1461:1999”*

- **Define el número de artículos a inspeccionar** en relación con el tamaño del lote que se ha enviado a galvanizar. Los valores se encuentran recogidos en el *Anexo 8 “ Número de artículos a inspeccionar”*
- **Describe el aspecto que debe tener el recubrimiento.** Este debe estar exento de ampollas, excesiva rugosidad, zonas desnudas y gotas punzantes. Tampoco debe contener residuos del flux de galvanización. Pueden admitirse pequeños restos de cenizas y aglomeraciones de zinc en los rincones, pero no deben permitirse en aquellos lugares en los que puedan interferir con la posterior utilización de la pieza.
- **Especifica la calidad del zinc a utilizar** para la obtención del recubrimiento. El galvanizador deberá utilizar una calidad de zinc que le permita mantener por debajo del 1,5% el nivel de impurezas, distintas del hierro y del estaño, en el baño de galvanización.
- **Limita el área que pueda ser objeto de reparación** por parte del galvanizador. Incluso en las plantas de galvanización mejor gestionadas puede ser necesario reparar zonas no cubiertas por el recubrimiento galvanizado. Estas zonas se producen por contaminación de la superficie del acero con sustancias que no se eliminan durante los tratamientos previos de desengrase y decapado. La extensión de las zonas a reparar viene limitada

por la norma al 0,5% del área total de la pieza, y el tamaño máximo permitido de las zonas individuales a reparar es de 10 cm² (equivalente a un cuadrado de 31 mm de lado).

- **Adherencia del recubrimiento.** Al estar constituidos los recubrimientos por una capa externa de zinc puro y varias capas subyacentes de aleaciones de zinc-hierro (unidas metalúrgicamente al metal), estos recubrimientos poseen una adherencia sensiblemente elevada. Por ello, la norma indica que no es normalmente necesario realizar ensayos de adherencia del recubrimiento. En caso de que el cliente lo exija se pondrá de acuerdo con el galvanizador y se realizará el ensayo de adherencia exigido en la sustituida norma UNE 37-501-88 “Galvanización en caliente, características y métodos de ensayos”

9.3. CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA

Para asegurar el cumplimiento de la normativa será necesario la existencia de un inspector de calidad que conozca perfectamente los especificaciones de la norma y su correcta aplicación.

El inspector tendrá en cuenta el espesor de las piezas y su aspecto superficial: ausencia de grumos, de gotas punzantes, de excesiva ceniza..., tal como se establece en la norma.

Para dejar constancia del cumplimiento de la normativa se rellenará un parte donde se refleje el espesor alcanzado por las piezas y el aspecto

superficial adquirido. Cada percha constituye un lote de inspección por lo que deberá existir una hoja de inspección de calidad por cada percha finalizada.

9.4. ACCIONES DE MEJORA

Como hemos explicado anteriormente, uno de los objetivos de nuestro proyecto era la adopción de medidas que favorecieran el cumplimiento de la normativa del recubrimiento galvanizado. Para ello se ha elaborado una guía de inspección donde se recogen todas las posibles irregularidades que el inspector de calidad puede encontrarse.

Será necesario que exista por parte del inspector un contacto continuo con el departamento de descuelgue de manera que si cualquier trabajador o el propio encargado detectará alguna irregularidad fuese inmediatamente comunicado.

A continuación se presenta la guía redactada en forma de tabla para mejor comprensión de la misma de manera que se pueda detectar rápidamente el problema y la solución a aplicar.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Irregularidad	Causas	Recomendaciones	Ver nota	Motivo de rechazo
Zonas desnudas	Residuos de pintura, grasa o aceites	Revisar el proceso de limpieza	A-1	Sí, excepto cuando se deben a defectos de laminación, o las zonas desnudas son pequeñas y pueden retocarse (con pintura rica en cinc o mezclas cadmio-cinc)
	Cascarilla o residuos de orín	Revisar la operación de decapado	A-1	
	Residuos de escoria de soldadura	- Limpiar las soldaduras por chorreo - Evitar el empleo de electrodos recubiertos	A-2	
	Fallo del recubrimiento formado por el tratamiento previo con flujo	Revisar las condiciones del citado tratamiento, así como el secado	A-3	
	Baño con exceso de aluminio	Regular las adiciones de aluminio	A-4	
	Defectos de laminación en el acero base	Comprobar la calidad del acero suministrado	A-5	
	Artículos en contacto durante la galvanización	Mantener separados los artículos	A-6	
Rugosidad general	Rugosidad en el acero	Revisar el acero suministrado	B	No, excepto acuerdo previo
	Decapado excesivo	Reducir el tiempo de decapado, emplear inhibidor	B	
	Temperatura de galvanización elevada y/o tiempo de inmersión excesivo	Ajustar las condiciones de galvanización	B	
Granitos	Partículas de matas adheridas	Evitar la agitación de la capa de matas y controlar el arrastre de las sales de decapado	C	No, a menos que la contaminación por las matas sea excesiva

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Irregularidad	Causas	Recomendaciones	Ver nota	Motivo de rechazo
Grumos y lágrimas (Ecurrido irregular)	Extracción demasiado rápida	Sacar el material lentamente	D	Solamente por acuerdo previo
	Baño del galvanizado demasiado frío	Aumentar la temperatura	D	
	Cinc procedente de las costuras, uniones, orificios, etc	Sacar el material lentamente	D	
	Artículos en contacto durante la extracción	Mantener separados los artículos	D	
Inclusiones de Flux	Flux agotado	Renovar la capa de flux	E	Sí
	Residuos superficiales sobre el acero	Comprobar la limpieza del acero	E	Sí
	Flujo arrastrado de la superficie del baño	Limpiar cuidadosamente antes de la extracción	E	Sí, a menos que se quiten
Inclusiones de Ceniza	Cenizas quemadas durante la inmersión	Limpiar cuidadosamente antes de la inmersión	F	Sí, estando en terrones grandes
	Cenizas arrastradas de la superficie del baño	Limpiar cuidadosamente antes de la extracción	F	
Manchas negras	Partículas de flux ocluidas	Limitar la adición del flux al baño	E	Sí
	Manchas y salpicaduras	Revisar las condiciones de almacenamiento	E	No
Recubrimiento gris oscuro	Composición del acero (mucho silicio, fósforo o carbono) o tratamiento mecánico incorrecto	Comprobar si el acero suministrado posee la composición adecuada para su galvanización	G	No, si se debe a la condición del acero o se limita a zonas ocasionales. Control mediante acuerdo previo
	Enfriamiento lento después de la galvanización	Evitar el apilamiento en caliente; enfriar en agua	G	
	Desprendimiento de hidrógeno durante la solidificación del recubrimiento	Evitar el decapado excesivo, utilizar inhibidor	G	

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Irregularidad	Causas	Recomendaciones	Ver nota	Motivo de rechazo
Manchas de orín	Derrame de ácidos, flux, etc. de costuras y pliegues	Comprobar el diseño y la fabricación	H	No
	Almacenamiento junto al material oxidado	Comprobar las condiciones del almacenamiento	H	
Manchas blancas	Confinamiento de artículos en forma compacta en condiciones de humedad	Almacenamiento y expedición en seco, con buena ventilación; separar las piezas con espaciadores	I	No, a menos que se presente antes de la primera expedición El cliente tomará precauciones durante el transporte y almacenamiento
	Empaquetado de artículos en estado húmedo	Secar antes de empaquetar, incluir desecante	I	
Ampollas	Dilatación del hidrógeno y de la humedad ocluidos en grietas	Comprobar la calidad del acero	J	No
	Maleabilización incorrecta (solo piezas moldeadas de hierro maleable)	Revisar el tratamiento de maleabilización	J	

A continuación se describen cada una de estas situaciones

NOTAS SOBRE LAS GUÍAS DE INSPECCIÓN

A Zonas desnudas

Debido al comportamiento como ánodo de sacrificio del cinc, los pequeños fallos localizados suelen autorregenerarse de manera que ejercen escaso efecto en el recubrimiento. En los casos en que se considera necesario, esos espacios pueden retocarse con una capa de pintura rica en cinc de espesor análogo. Si la zona desnuda es extensa, las piezas habrán

de rechazarse sin titubear. A continuación se describen algunas de las causas a que obedecen las zonas desnudas en el acero galvanizado.

A-1 Preparación deficiente

La causa probablemente más corriente de que existan zonas desnudas, son los restos de pintura, aceite, grasa, cascarilla u óxido dejados sobre la pieza a tratar a consecuencia de una limpieza o decapado insuficientes. El cinc no moja tales residuos y, por lo tanto, se impiden las reacciones normales del recubrimiento. La preparación perfecta del acero es el fundamento de un galvanizado correcto.

A-2 Escoria de soldadura

Los depósitos o capas de escoria, como resultado de la soldadura por arco, resisten a los ácidos empleados en el decapado, y han de eliminarse completamente antes de que las piezas se sometan al proceso de galvanización.

Para este fin se recomienda el chorreo con granalla. Debe evitarse el empleo de varillas de soldadura recubiertas.

A-3 Secado excesivo

La protección contra la corrosión atmosférica que proporciona el tratamiento previo con flux puede desaparecer a causa de la oxidación subsiguiente del acero, si se prolonga el tiempo que media entre dicho tratamiento y la galvanización, o bien si la temperatura de secado es

demasiado elevada. Lo que indica la destrucción del flux es el aspecto de color marrón que toman las piezas. En casos extremos, el efecto sobre el recubrimiento de cinc es parecido al del decapado insuficiente (A-1).

A-4 Exceso de Aluminio

Se puede presentar un tipo de defecto conocido como "manchas negras" cuando el contenido en el baño de aluminio es demasiado elevado. No debe experimentarse ningún inconveniente si el contenido en aluminio del baño se mantiene por debajo de 0,01 por ciento, aproximadamente, valor éste superior al necesario, pero al que se llega para obtener recubrimientos brillantes.

A-5 Defectos que presenta el acero laminado

En líneas generales, estos defectos pueden clasificarse como discontinuidades que presenta el acero, las cuales se ha cerrado y alargado durante la laminación, pero sin llegar a soldarse. Ejemplos de ello son las hojas, solapas, pliegues e impurezas no metálicas ocluidas durante la laminación.

La primera clase de defectos se detectan a veces antes o después del decapado, pero en ocasiones no saltan a la vista hasta que se han abierto por efecto del calor del baño de galvanización.

Cuando se trata de impurezas que se han mezclado con el acero laminado, los métodos convencionales para la limpieza de la superficie suelen ser ineficaces.

A-6 Artículos en contacto mutuo

Es necesario que el cinc bañe todos los puntos de la superficie a galvanizar. Para ello se evitará que las diferentes piezas a galvanizar puedan permanecer en contacto durante su entrada y permanencia en el baño, dando lugar a zonas sin protección.

B Rugosidad general

El recubrimiento rugoso es debido habitualmente a crecimiento excesivo de la capa de aleación o a desigualdades de la misma. Sus posibles causas son el decapado excesivo, la inmersión prolongada en el baño y la temperatura de galvanización demasiado elevada. Sin embargo, esa condición se atribuye con frecuencia a la composición o al estado original de la superficie del acero. Dado que la irregularidad de la capa de aleación tiende a aumentar con su propio espesor, es evidente que los recubrimientos gruesos son habitualmente más rugosos que los delgados. Cuando se aplican recubrimientos de fuerte espesor, es inevitable cierto grado de rugosidad. En la mayor parte de los casos una rugosidad moderada no tiene importancia si la adherencia es buena, y el material debe aceptarse.

C "Granitos"

Estos pueden ser debidos a la inclusión de matas en el recubrimiento como resultado de haber agitado la capa del fondo del baño. Alternativamente, las matas pueden provenir de las sales de hierro arrastradas del tanque de decapar con las propias piezas, sales que quedan retenidas en la superficie del recubrimiento.

Como las matas tienen un grado de corrosión parecido al del cinc, afectan muy escasamente a la duración normal del recubrimiento, de manera que su presencia en forma de granitos muy finos no es un motivo serio de objeción.

Ahora bien, las inclusiones de matas gruesas son normalmente justificación suficiente para rechazar el artículo, ya que tienden a hacer quebradizo el recubrimiento y pueden ser causa de que la superficie se ponga prematuramente amarillenta cuando éste se deja a la intemperie.

D Grumos y lágrimas

La uniformidad de la superficie del recubrimiento se consigue mediante un escurrido correcto de la pieza. El recubrimiento aterronado y desigual obedece a que el material se retira del baño con demasiada rapidez o a que la temperatura del baño es demasiado baja para permitir que el cinc sobrante escurra debidamente hacia el baño. Las lágrimas pueden también producirse por el derrame del cinc retenido en los orificios, pliegues, costuras y otros huecos en que el cinc tiende a acumularse, y son una consecuencia directa del diseño del artículo. Este exceso de cinc, no es perjudicial,

excepto en aquellos casos en que se requiera un acabado liso. El mismo fenómeno se produce cuando se retiran del baño artículos que se hallan en contacto mutuo.

E Inclusiones de flux

Las inclusiones de flux originan invariablemente el rechazo de artículos, debido a la tendencia del flux a descomponerse por absorción de la humedad atmosférica, provocando soluciones fuertemente ácidas.

Estas inclusiones se producen por la tendencia del flux agotado a permanecer adherido a la superficie del acero, en lugar de separarse a medida que las piezas se sumergen en el baño. En ocasiones las inclusiones se producen incluso con flux fresco si sobre la superficie del acero existen residuos de grasa, escamas u otros contaminantes resistentes a la acción del flux. Tanto en un caso como en el otro, tales inclusiones suelen dar lugar a las zonas desnudas que se aprecian en el recubrimiento. Las manchas negras que forman las partículas de flux que han quedado incluidas en el galvanizado, se distinguen de las manchas de suciedad, señales de salpicaduras y otras clases menos perjudiciales de contaminación por su tendencia característica a absorber humedad.

La presencia de flux en la superficie de la pieza, arrastrado del baño cuando se extrae el material, no justifica el rechazo si se elimina este residuo de flux y el recubrimiento subyacente es bueno.

F Inclusión de cenizas

Lo mismo que ocurre con el flux, las cenizas, pueden adherirse al acero durante la inmersión o la extracción de las piezas. Dado que las inclusiones que se originan en la inmersión interfieren la formación del recubrimiento, son causa suficiente para que el trabajo se rechace. Sin embargo, esto no se aplica a la película de óxido que a veces se forma en la superficie del baño de galvanización. Estas películas son inevitables cuando se tratan piezas muy voluminosas que requieren una retirada lenta del baño. No afectan a la duración del recubrimiento.

Los grumos de óxido debidos a una limpieza descuidado de la superficie de salida del baño, pueden reducir el grosor efectivo del recubrimiento, y no son aceptables.

G Recubrimiento gris oscuro

El tono grisáceo que se produce mientras se enfrían las piezas, se debe a la difusión de la fase aleación hierro-cinc en la superficie del recubrimiento. Se presenta habitualmente como una mancha oscura, local, en una superficie que, por lo demás, es normal, pero que en ciertos aceros puede llegar a extenderse por toda la pieza.

Lo más frecuente es hallar ese defecto en estructuras pesadas que se enfrían lentamente y en ciertas clases de acero, tales como los que presentan un contenido relativamente elevado de silicio o fósforo, o en aceros muy deformados en frío, todos los cuales acusan un crecimiento de aleación anormalmente rápido. Otras causas que producen recubrimientos

grises son el apilamiento de piezas calientes, el empleo de temperaturas de baño excesivas, y el que, durante la galvanización, se libere hidrógeno absorbido por el acero durante la operación de decapar. Cuando este estado de cosas obedece a la naturaleza del acero base, el galvanizador puede hacer poco para evitarlo. Una temperatura baja de galvanización y una inmersión breve, seguida de un enfriamiento rápido en agua para detener el crecimiento de la aleación, puede tener éxito en algunos casos. También puede conseguirse alguna ventaja mediante extracción y enfriamiento rápidos, con lo que se logra que el recubrimiento tenga una capa de cinc gruesa y pura. Sin embargo, cuando se trata de aceros más reactivos, tales medidas no son siempre eficaces, siendo inevitables esas zonas oscuras en el recubrimiento.

H Manchas de orín

Estas manchas pueden ser originadas por el ácido o el agua que resurge en las uniones y pliegues después de la galvanización, o por el almacenamiento de las piezas en contacto con acero oxidado. Las manchas de orín de esta clase son superficiales y no deben confundirse con el fallo del recubrimiento subyacente. Estas manchas pueden ser indicio de posteriores complicaciones, capaces de perjudicar seriamente la vida del recubrimiento (el líquido corrosivo ocluido continúa actuando), siendo preciso en este caso una modificación del diseño.

I Manchas blancas. Manchas por almacenamiento húmedo

Se denominan manchas por almacenamiento húmedo, a los depósitos blancos o grises que se forman por corrosión acelerada del recubrimiento cuando los artículos galvanizados se almacenan en íntimo contacto y en un ambiente húmedo y sin ventilación adecuada.

El ataque proviene de la retención de películas de agua (por haber estado expuestas las piezas a la intemperie, o por condensación) entre superficies que se tocan y entre las cuales la circulación de aire es muy limitada. El daño que pueda sufrir la capa inferior del recubrimiento depende del tiempo de exposición pero es evidente que el perjuicio puede ser mayor si hay residuos de flujo, o ambiente ácido o salino. Aunque en casos extremos el valor protector del recubrimiento puede resultar seriamente quebrantado, el ataque es frecuentemente superficial a pesar del volumen que presenta el producto de la corrosión. Se pueden hacer objeciones a la admisión de los artículos basándose principalmente en su aspecto.

Si las manchas son ligeras, pueden quitarse cepillándolas o bien tratando la superficie con una solución acuosa de ácido tartárico y carbonato amónico, frotando seguidamente con una esponja impregnada en blanco de España. Si se trata de manchas de cierto grosor, es preferible efectuar un cepillado con una pasta de sosa cáustica y polvos de talco. Si se emplean los productos citados, es preciso enjuagar la superficie tratada y a continuación secarla correctamente.

Para impedir la formación de manchas blancas, los artículos galvanizados se almacenarán bajo techado, en ambiente seco y bien ventilado. Cuando se hace necesario apilar a la intemperie, se evitará que el

material esté en contacto con el suelo; conviene además separar las piezas con listones separadores para que el aire pueda circular por todos los puntos de la superficie.

Las piezas pequeñas, enfriadas rápidamente por inmersión en agua, después de galvanizadas y almacenadas en recipientes, han de hallarse completamente secas, antes de ser embaladas. Si el recipiente está cerrado, se recomienda la inclusión de un desecante. Mediante un tratamiento químico adecuado, tal como el pasivado, se puede conseguir una protección adicional contra las manchas blancas.

J Ampollas

Las ampollas que se forman durante la galvanización en caliente están casi siempre asociadas con los defectos que existen debajo de la superficie del acero base, tales como hojas, sopladuras y otras discontinuidades. Durante el decapado, el hidrógeno puede acumularse en esas cavidades y la expansión del gas durante la galvanización da origen a que en la superficie aparezcan ampollas. El defecto se debe principalmente a la calidad del acero. Las ampollas, una vez formadas, no pueden eliminarse mediante una nueva galvanización. Esto se puede evitar, seleccionando un acero que por su composición resulte menos susceptible a la absorción de hidrógeno

10. GESTIÓN DE RESIDUOS

10.1. INTRODUCCIÓN

El recubrimiento de zinc se aplica en condiciones perfectamente controladas. Las emisiones de las instalaciones de galvanización están limitadas por la ley a niveles muy reducidos.

La galvanización también ahorra energía, porque conserva los recursos naturales. Cuando los materiales de acero se corroen es necesario reemplazarlos, lo cual supone un consumo adicional de energía y de recursos naturales para producir nuevo acero o reciclar la chatarra.

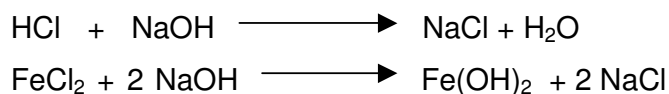
La utilización de zinc para proteger el acero da lugar a la cesión de cierta cantidad de este metal al medio ambiente. La mayoría de las formas de vida animal y vegetal necesitan estas pequeñas cantidades de zinc, porque este metal es un elemento natural que está muy extendido por la corteza terrestre. El zinc que proviene de los materiales galvanizados no rompe el equilibrio de este metal en la naturaleza. Por otra parte, las personas también necesitan zinc para mantenerse sanas.

10.2. TRATAMIENTOS PARA MINIMIZAR LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Nuestro sistema dispone de los siguientes tratamientos para minimizar la gestión de residuos y favorecer así al medio ambiente

Tratamiento de neutralización de ácido

El primer paso será la neutralización en un tanque en el que el ácido se mezcla con hidróxido de sodio, obteniéndose sales y agua según las siguientes reacciones químicas:



A continuación se adiciona un polielectrolito cuya función es facilitar la separación entre la fase sólida y líquida.

El fluido es bombeado hacia un decantador donde se llevará a cabo la separación de las fases líquido-sólido.

Por último, una vez las aguas han sido neutralizadas y separadas se hacen pasar por un filtro prensa obteniéndose unas tortas de lodo y un fluido. Las tortas de lodos centrifugados son almacenadas para ser valorizadas como fuente de cloruro u óxido de hierro, y si esto no fuera posible gestionadas como residuo no peligroso mientras que el fluido mediante acidificación vuelve a los baños de decapado.

Tratamiento Desengrase

Se encarga de realizar exclusivamente la separación de aceites y grasas de los efluentes líquidos de la cuba de desengrase.

Tomando como punto de inicio la cuba de desengrase cargada a su nivel de trabajo, para iniciar el ciclo esta descarga en un deposito de recolección, del que mediante una bomba se envía a la planta de desengrase, en la cual se realizará el proceso de desengrase mediante un reactivo y HCl, una vez separadas las grasas se descargan en otro deposito para una vez tratados los efluentes líquidos retornen a la cuba por la acción de otra bomba, de esta forma se cierra el ciclo del tratamiento de desengrase.

Regeneración de Flux

Esta planta de tratamiento se encarga de regenerar y neutralizar tanto el flux como de los efluentes de enjuague.

El ciclo se inicia en la cuba de enjuague-fluxado, que descarga mediante una bomba de impulsión a un depósito, en el que se mezcla con agua oxigenada proveniente de otro deposito adyacente, la cual ayudada por un sistema de agitación por aire comprimido se conseguirá la oxidación del efluente líquido.

Una vez conseguida la oxidación el producto obtenido pasará por gravedad a otro depósito donde se realizará la neutralización, por la mezcla con amoniaco enviado desde otro depósito cercano. Dicho depósito de oxidación dispone de un sistema de agitación, y de control de PH.

Una vez realizada la neutralización el producto obtenido se traslada a un decantador, en el que se realizará la separación de materiales según densidades.

El siguiente paso en el ciclo será el filtroprensa en el que se realizará el filtrado del flux o del agua de enjuague. Hecho esto pasa a un deposito de recogida desde el que se vuelven a enviar los líquidos a la cuba correspondiente mediante una bomba.

Tratamiento de ácidos crómicos o de pasivado

Los ácidos crómicos que provienen de las cubas de pasivado, se introducen en un deposito en el que se realizará la reducción del cromo mediante la reacción con bisulfito y HCl. Una vez se produce la reducción del cromo, este se traslada a otro deposito en el que se realizará la neutralización mediante sosa cáustica.

Una vez neutralizado se enviará a un mezclador en el que se mezclará con un producto polielectrolito, para facilitar y acelerar la posterior decantación de residuos, en el tanque de decantación.

Una vez decantan los productos, el ácido crómico es enviado a un filtroprensa para su correcta limpieza, y los desechos serán enviados a un deposito común de desechos.

El ácido crómico limpio obtenido tras el filtroprensa se verterá en un deposito de recogida tras el cual se enviará mediante una bomba y una serie de tuberías y válvulas a sus correspondientes baños.

Torre de lavado de humos blancos

El objetivo de la torre de lavado de humos es la de filtrar los humos que provienen del horno de galvanizado, mediante la aspersion de agua en finas gotas, de forma que en estas se produce la disolucion de los acidos contenidos en los humos.

El agua contaminada en el proceso se enviara a la planta de tratamiento de acidos.

Torres de lavado de emanaciones acidas y crómicas

El objetivo de las torres al igual que en el caso anterior es la de filtrar las emanaciones mediante la aspersion de agua en finas gotas, de forma que en estas se produce la disolucion de los acidos contenidos en las emanaciones.

Las aguas contaminada en el proceso se enviara a la planta de tratamiento de aguas acidas o crómicas segun corresponda.

Tratamiento de las emanaciones de crisol

Las emanaciones de vapores que salen de la cuba de crisol pueden arrastrar oxidos de zinc, por lo que son obligadas a pasar por cuatro ciclones en los cuales se realiza una primera separacion de las particulas de oxido de zinc, a continuacion se hacen pasar por dos filtros de mangas que retienen

cualquier partícula en suspensión para así emitir el gas limpio a la atmósfera. Esta es una medida rentable para la instalación, ya que el polvo de ZnO es vendido para la recuperación del metal, y parte de él utilizado en la planta de regeneración de flux.

Los gases son recogidos por la campana que posee el puente grúa, cuya función es doble: captar los gases que emanan de la superficie del baño de zinc y proteger a los operarios de posibles salpicaduras de zinc durante la operación.

11. SEGURIDAD E HIGIENE

11.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado, haremos únicamente referencia a los riesgos que generan las posibles medidas a adoptar, para aumentar la producción de la planta, analizadas en el proyecto en el *apartado 8. "Principales modificaciones a realizar"* de la memoria descriptiva, ya que sería objeto de otro proyecto el estudio de cada uno de los factores de riesgo que pudiera existir en una planta galvanizadora en caliente en discontinuo.

Únicamente haremos hincapié en las siguientes medidas:

- Trabajo por turnos y nocturnidad.
- Manejo de carretillas.
- Uso de herramientas de mano.

- Manejo del puente-grúa.

Para finalizar añadiremos las fichas técnicas de seguridad de los distintos productos químicos puestos en juego durante el proceso.

11.2. TRABAJO A TURNOS Y NOCTURNO

El tiempo de trabajo es uno de los aspectos de las condiciones de trabajo que tiene una repercusión más directa sobre la vida diaria. El número de horas trabajadas y su distribución pueden afectar no sólo a la calidad de vida en el trabajo, sino a la vida extralaboral. En la medida en que la distribución del tiempo libre es utilizable para el esparcimiento, la vida familiar y la vida social, es un elemento que determina el bienestar de los trabajadores.

En estudios realizados sobre el tema, se ha visto que las personas que trabajan a turnos demuestran una menor satisfacción con el horario y con el trabajo en general, que las personas que prestan sus servicios en jornada laboral diurna.

Ello puede ser debido a diversas causas, pero, sin duda, una de ellas es la falta de adaptación debida a la alteración de los ritmos circadianos y sociales; así como una deficiente organización de los turnos.

Por ello es importante tener en consideración las repercusiones que el trabajo nocturno tiene sobre la salud de los trabajadores, a fin de organizar

los turnos convenientemente y de prever unas condiciones de trabajo adecuadas.

Inconvenientes del trabajo a turnos

Los efectos negativos del turno de noche sobre la salud de las personas se dan a distintos niveles. Por una parte se ve alterado el equilibrio biológico, por el desfase de los ritmos corporales y por los cambios en los hábitos alimentarios. También se dan perturbaciones en la vida familiar y social. Desde el punto de vista ergonómico, es importante tener en cuenta estas consecuencias y diseñar el trabajo a turnos de manera que sea lo menos nocivo posible para la salud de aquellas personas que se encuentran en dicha situación.

Cambios biológicos

El organismo humano tiene unos ritmos biológicos, es decir, que las funciones fisiológicas siguen unas repeticiones cíclicas y regulares. Estos ritmos biológicos coinciden con los estados de vigilia y sueño, siendo la mayoría de ellos más activos durante el día que durante la noche.

Al cambiar los ciclos sueño/vigilia, estos ritmos se desequilibran, pero recuperan la normalidad cuando se vuelve a un horario normal. El trabajo a turnos, especialmente el trabajo nocturno, fuerza a la persona a invertir su ciclo normal de actividad descanso, obligándole a ajustar sus funciones al período de actividad nocturna. Ello acarrea un cambio en las funciones corporales, que aumenta con el número de noches trabajadas, pero que no llega nunca a ser completo. Las alteraciones son debidas a la estabilidad de

estos ritmos y a su dificultad para adaptarse a modificaciones externas. De hecho, el cuerpo está sometido a una tensión continua en su intento de adaptarse al cambio de ritmo.

Hábitos alimentarios

El deterioro de la salud física puede manifestarse, en primer lugar, por alteración de los hábitos alimentarios: la calidad de la comida no es la misma, se suelen tomar comidas rápidas y en un tiempo corto e inhabitual, los alimentos están mal repartidos a lo largo de la jornada y suelen tener un alto contenido calórico, con abuso de ingesta de grasas. En el turno de noche, además, suele haber un aumento en el consumo de café, tabaco y excitantes, factores que pueden ayudar a la aparición de dispepsias

Alteraciones del sueño

El sueño comprende dos fases: una de sueño lento y una de sueño rápido. Durante la primera fase se da un período inicial de sueño ligero y un segundo período de sueño profundo que permite la recuperación física del organismo.

Para recuperarse de la fatiga diaria es necesario dormir, alrededor de siete horas durante la noche, de manera que puedan darse todas las fases del sueño.

En el trabajo a turnos, sin embargo, esto no es posible, ya que el sueño se ve alterado, no produciéndose nunca una adaptación plena al

cambio horario. Por ejemplo, en el turno de mañana, al tener que despertarse demasiado pronto y acortar las últimas horas de sueño, se reduce el sueño rápido, mientras que en el turno de noche, al alterar el ritmo sueño/ vigilia, y a causa de la mayor dificultad de dormir de día -debido a la luz, ruidos, etc.- se observa una reducción del sueño lento o profundo, con lo que se dificulta la recuperación de la fatiga física.

Ello hace que se vaya acumulando la fatiga, provocando, a largo plazo, la aparición de un estado de fatiga crónica, que puede considerarse un estado patológico y que produce alteraciones de tipo nervioso (dolor de cabeza, irritabilidad, depresión, temblor de manos, etc.), enfermedades digestivas (náuseas, falta de apetito, gastritis, etc.) y del aparato circulatorio.

Alteraciones de la vida social

Las actividades de la vida cotidiana están organizadas pensando en las personas que trabajan en horarios habituales, tal que entre medianoche y la seis de la madrugada la mayoría de las personas duermen; las tardes, las noches o los fines de semana se emplean para la interacción familiar y social.

El trabajo a turnos, especialmente el turno de noche y el de tarde, dificulta estas actividades e incluso la relación diaria debido a la falta de coincidencia con los demás. Las dificultades se dan en el ámbito familiar, ya que se limita la vida de pareja, el papel de «padre» o «madre»; aparecen problemas de coordinación y de organización (horarios de comida, silencio durante el día, etc.); y existe menor oportunidad de vida social al disminuir la

posibilidad de participar en actividades sociales o de coincidir con amigos o familiares. El tiempo de ocio se dedica a actividades individuales.

Intervención en el trabajo a turnos

Mejorar las condiciones del trabajo a turnos supone actuar a nivel organizativo y, aunque no existe el diseño de una organización de turnos óptima, pueden establecerse unos criterios para conseguir unas condiciones más favorables. La actuación debe basarse, principalmente, en intentar respetar al máximo los ritmos biológicos de vigilia-sueño y alimentación, así como las relaciones familiares y sociales.

La organización de los turnos de trabajo es un problema complejo, que requiere la consideración de distintas áreas:

Aspectos relacionados con la organización global

El sistema que se adopte debe adaptarse al tipo de empresa o servicio (estructura, tamaño, ubicación, servicios que cubre, etc.), a las características de los distintos departamentos (tamaño, especialidad, saturación de demanda, etc.), así como a las tareas que deben realizarse: Ya que no todas las tareas deben realizarse las 24 horas del día, es importante tener esto en cuenta, y diseñar las tareas en función de los turnos, dejando para las horas de la madrugada sólo aquellas tareas que sean imprescindibles.

Estructura de los recursos humanos

El horario debe adaptarse al número de trabajadores existente, presupuestos, niveles profesionales, etc.)

Organización de los turnos

Teniendo en cuenta estos condicionantes, la organización de los turnos debe incluir entre sus objetivos la protección de la salud de los trabajadores. Para ello deberán seguirse las recomendaciones existentes a este respecto. Se debe emprender una política global en la que se consideren los siguientes factores:

- La elección de los turnos será discutida por los interesados sobre la base de una información completa y precisa que permita tomar decisiones de acuerdo con las necesidades individuales.
- Los turnos deberán respetar al máximo el ciclo de sueño, evitando que el turno de mañana empiece a una hora demasiado temprana. Los cambios de turno pueden situarse, por ejemplo, entre las 6 y las 7h. las 14 y las 15h. y las 22 y alrededor de las 23h. Una variable que se debe tener en cuenta es la distancia entre el centro de trabajo y el domicilio de los trabajadores.
- Los turnos de noche y de tarde nunca serán más largos que los de mañana, preferiblemente serán más cortos.
- Aumentar el número de períodos en los que se puede dormir de noche: posibilidad de descanso después de hacer el turno

de noche, acumular días de descanso y ciclos de rotación distintos a lo largo del año.

- Facilitar comida caliente y equilibrada, instalar espacios adecuados, prever tiempo suficiente para comer.
- Reducir, en lo posible, la carga de trabajo en el turno de noche. Programar aquellas actividades que se consideran imprescindibles, intentando evitar tareas que supongan una elevada atención en la franja horaria entre las 3 y las 6h. de la madrugada.
- Dar a conocer con antelación el calendario con la organización de los turnos.
- Participación de los trabajadores en la determinación de los equipos.
- Mantener los mismos miembros en un grupo de manera que se faciliten las relaciones estables.
- Establecer un sistema de vigilancia médica que detecte la falta de adaptación y pueda prevenir situaciones irreversibles.

Además de las recomendaciones sobre la organización de los turnos, individualmente es útil tener en cuenta una serie de consejos dirigidos a mejorar el sueño y que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Desarrollar una estrategia de adaptación. Conseguir el soporte de familiares y amigos.
- Intentar conseguir espacios oscuros y silenciosos para dormir.
- Mantener un horario regular de comidas.

- Evitar ingerir comidas pesadas antes de acostarse.
- Evitar tomar alcohol, cafeína y estimulantes en general dos o tres horas antes de acostarse.
- Hacer ejercicio regularmente.

En general, los factores que deben tenerse en cuenta para el establecimiento de la duración de la jornada son:

- la salud y la edad de los trabajadores
- las exigencias de la tarea, tanto en el plano físico como mental
- la diversidad (no monotonía) del trabajo
- la exposición a productos tóxicos
- el tiempo de desplazamiento de los trabajadores
- las obligaciones familiares

A continuación se muestra la legislación referente:

- **Directiva 93/104/CE del Consejo**, de 23 de noviembre de 1993, relativa a determinados aspectos de la ordenación del tiempo de trabajo.
- **Real Decreto 1/1995**, de 24 de marzo (M. Trab. y S.S., BOE 29 de marzo de 1995). Texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- **Real Decreto 1561/1995**, de 21 de septiembre. (M. Trab. y S.S., BOE 26 de septiembre de 1995). Jornadas especiales de trabajo.

11.3. MANEJO DE CARRETILLAS

Para la prevención de los riesgos laborales que pueden darse en la utilización de las carretillas elevadoras, debemos tener presente una amplia gama de peligros, situaciones y sucesos peligrosos que, caso de materializarse, pueden dar lugar a daños, con diferentes niveles de gravedad para las personas.

Riesgos

Los principales riesgos asociados al manejo de carretillas son:

- Atrapamientos del operador y/o personas del entorno bajo la carretilla provocado por un vuelco de la carretilla.
- Rotura de materiales y elementos transportados.
- Atropellos y atrapamientos de personas por carretillas y/o su carga.
- Choques contra objetos inmóviles
- Maniobras descontroladas de la carretilla.
- Caída de materiales sobre personas del entorno.
- Incendio y/o explosión en los locales de trabajo.
- Lumbalgias, traumatismos vertebrales...

Causas

Las principales causas que originan los riesgos indicados son:

- Circular con la carga elevada.
- Velocidad excesiva al girar o tomar una curva (carga/vacío).
- Presencia de baches. Al circular, subir bordillos o desniveles.
- Circular con neumáticos o bandas de rodadura en mal estado.
- Reventón de neumáticos y/o rotura de bandas de rodadura por sobrecarga o circular sobre suelos con elementos cortantes o lacerantes.
- Circular junto al borde de muelles de carga o rampas.
- Circular a velocidad elevada.
- Distracción del operador y/o de los peatones.
- Fallo de frenos y/o dirección de la carretilla.
- Iluminación insuficiente.
- Espacio reducido para maniobras.
- Circular con cargas que limitan la visión del operador.
- Circular sobre pisos húmedos resbaladizos.
- Conducción de carretillas por personal no formado y/o no autorizado por la empresa.
- Rotura de conducciones de los circuitos hidráulicos de la carretilla.
- Uso de carretillas convencionales en áreas con atmósferas de gases, vapores o polvos explosivos / inflamables.

- Uso de carretillas de motor térmico (diesel) con deficiente combustión en zonas con materiales inflamables o combustibles.
- Utilización de carretillas con asientos no ergonómicos (sin suspensión, regulación, sin adaptación al cuerpo, etc).

Medidas preventivas generales

- Carretilla equipada de dispositivo antivuelco (ROPS) y el operador usará siempre cinturón de seguridad o dispositivo de retención.
- Reducir la velocidad al tomar una curva o giro.
- Suelos de los locales uniformes, sin irregularidades
- No subir/bajar bordillos o desniveles. Usar rampas adecuadas. No circular nunca a más de 10 Km/h de velocidad. (2)
- Revisión diaria de la presión y estado de neumáticos y/o bandas de rodadura.
- Sustituir de inmediato los neumáticos o bandas de rodadura deficientes
- No sobrepasar nunca los límites de carga de la carretilla
- Instalar un sistema limitador de carga en la carretilla
- Eliminar del suelo los objetos punzantes o lacerantes
- No circular junto al borde de muelles de carga o rampas.

- Proteger y señalizar los bordes de los muelles de carga y rampas.
- Proteger mediante vallas las salidas de peatones del interior de locales.
- Revisión diaria y periódica del estado de frenos y dirección.
- Iluminar los pasillos y zonas interiores (min. 100 lux). (3)
- Revisión diaria y periódica del alumbrado de carretilla y almacén.
- Dotar de espacio suficiente para el tránsito y las maniobras de las carretillas.
- Delimitar, señalizar y mantener siempre libres las zonas de paso de peatones y carretillas.
- Procurar tener siempre una buena visibilidad del camino a seguir. Si la carga lo impide, circular marcha atrás extremando las precauciones. Hacerse acompañar por un operario que ayude a dirigir la maniobra.
- Formar y reciclar de forma periódica a operadores y personal del almacén.
- Dotar a la carretilla de un claxon discontinuo, que se active con la marcha atrás.
- El descenso de pendientes se realizará siempre marcha atrás y con precaución.
- Revisión diaria y periódica de los circuitos hidráulicos.

- Dotar a las carretillas de motor térmico de dispositivo de retención de chispas (apagallamas) a la salida del tubo de escape.
- Revisión diaria de la combustión en las carretillas de motor térmico.
- El asiento del operador estará dotado de suspensión, y será anatómico y regulable en altura y horizontalmente.

11.4. USO DE HERRAMIENTAS DE MANO

Se describen a continuación y de forma general los principales riesgos derivados del uso, transporte y mantenimiento de las herramientas manuales y las causas que los motivan. Posteriormente se describirán las medidas preventivas para las herramientas más habituales en la planta: la lima y el alicate.

La lima es utilizada en el área de descuelgue para el repaso de las piezas mientras que alicate es utilizado indiferentemente en cuelgue y en descuelgue. En cuelgue se utiliza para doblar y cortar los alambres usados para colgar las piezas y en descuelgue para cortar los mismos y liberar las piezas de su sustento.

Riesgos

Los principales riesgos asociados a la utilización de las herramientas manuales son:

- Golpes y cortes en manos ocasionados por las propias herramientas durante el trabajo normal con las mismas.
- Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la propia herramienta.
- Golpes en diferentes partes del cuerpo por despido de la propia herramienta o del material trabajado.
- Esguinces por sobreesfuerzos o gestos violentos.

Causas

Las principales causas que originan los riesgos indicados son:

- Abuso de herramientas para efectuar cualquier tipo de operación.
- Uso de herramientas inadecuadas, defectuosas, de mala calidad o mal diseñadas.
- Uso de herramientas de forma incorrecta.
- Herramientas abandonadas en lugares peligrosos.
- Herramientas transportadas de forma peligrosa.
- Herramientas mal conservadas.

Medidas preventivas generales

El empleo inadecuado de herramientas de mano es origen de una cantidad importante de lesiones partiendo de la base de que se supone que todo el mundo sabe como utilizar las herramientas manuales más corrientes.

A nivel general se pueden resumir en seis las prácticas de seguridad asociadas al buen uso de las herramientas de mano:

- Selección de las herramientas correcta para el trabajo a realizar.
- Mantenimiento de las herramientas en buen estado.
- Uso correcto de las herramientas.
- Evitar un entorno que dificulte su uso correcto.
- Guardar las herramientas en lugar seguro.
- Asignación personalizada de las herramientas siempre que sea posible.

Medidas preventivas específicas para limas

Las limas son herramientas manuales diseñadas para conformar objetos sólidos desbastándolos en frío.

Las partes principales de una lima son los cantos, cola, virola y mango. (Fig. 26)

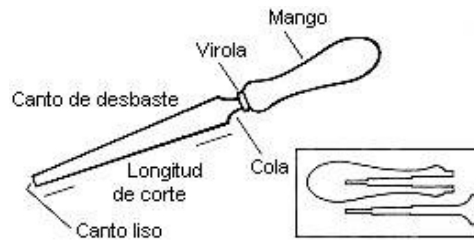


Fig. 26: Partes de una lima y detalle interior del mango

Deficiencias típicas

- Sin mango.
- Uso como palanca o punzón.
- Golpearlas como martillo.

Prevención:

- Herramienta
 - Mantener el mango y la espiga en buen estado.
 - Mango afianzado firmemente a la cola de la lima.
 - Funcionamiento correcto de la virola.
 - Limpiar con cepillo de alambre y mantener sin grasa.
- Utilización
 - Selección de la lima según la clase de material, grado de acabado (fino o basto).
 - No utilizar limas sin su mango liso o con grietas.
 - No utilizar la lima para golpear o como palanca o cincel.
(Fig. 27)

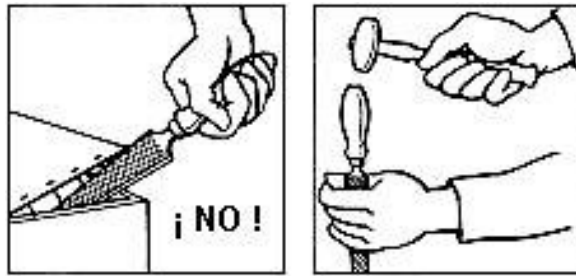


Fig. 27. Utilización incorrecta de lima como palanca o para golpear

Medidas preventivas específicas para alicates

Los alicates son herramientas manuales diseñadas para sujetar, doblar o cortar.

Las partes principales que los componen son las quijadas, cortadores de alambre, tornillo de sujeción y el mango con aislamiento. Se fabrican de distintas formas, pesos y tamaños. (Fig. 28:)

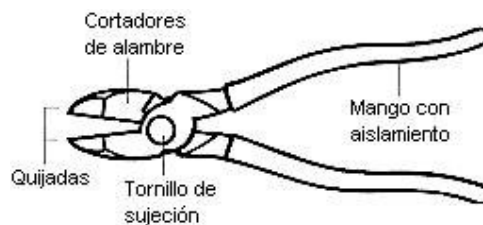


Fig. 28. Partes de los alicates

Deficiencias típicas

- Quijadas melladas o desgastadas.
- Pinzas desgastadas.

- Utilización para apretar o aflojar tuercas o tornillos.
- Utilización para cortar materiales más duros del que compone las quijadas.
- Golpear con los laterales.
- Utilizar como martillo la parte plana.

Prevención

- Herramienta
 - Quijadas sin desgastes o melladas y mangos en buen estado.
 - Tornillo o pasador en buen estado.
 - Herramienta sin grasas o aceites.
- Utilización
 - No utilizar para cortar materiales más duros que las quijadas.
 - Utilizar exclusivamente para sujetar, doblar o cortar.
 - No colocar los dedos entre los mangos.
 - No golpear piezas u objetos con los alicates.

11.5. MANEJO DEL PUENTE GRÚA

Dada la relativa ambigüedad del término puente-grúa, se hace necesaria una definición-descripción previa del concepto que aquí consideraremos:

- Los puentes-grúa son máquinas utilizadas para la elevación y transporte, en el ámbito de su campo de acción, de materiales generalmente en procesos de almacenamiento o curso de fabricación.
- La elevación de los carriles implica la existencia de una estructura para su sustentación.
- El manejo de la máquina puede hacerse desde una cabina añadida a la misma y sita generalmente sobre uno de sus testeros; o bien, lo que cada vez es más frecuente en máquinas sin ciclo operacional definido, por medio de mando a distancia con cable, activado desde las proximidades del punto de operación.

Riesgos

Un riesgo fundamental específico debe ser prioritariamente considerado: *El desplome de objetos pesados*. Cabe incluir en este riesgo básico el desplome de las cargas, el de elementos de la máquinas, el de la propia máquina o de sus estructuras de sustentación, etc.

A este debe añadirse otro riesgo específico: *golpes por objetos móviles*; considerando también que éstos pueden ser las propias cargas, partes de las máquinas o sus accesorios, la máquina, etc.

A estos riesgos estará sometido todo el personal que opere en el entorno de acción del aparato.

Otros riesgos, no específicos, afectarán únicamente a los operadores: atrapamientos, caídas desde alturas, contactos eléctricos, stress, inhalación de productos tóxicos, etc.

Se presenta seguidamente la exposición, no de un análisis detallado de las condiciones peligrosas que pueden actualizar estos riesgos, sino un resumen estructurado de las normas y consideraciones previas necesarias para eludir la aparición de dichas circunstancias en función de su origen último.

Medidas preventivas generales

La figura clave de la seguridad durante la utilización de la máquina es evidentemente el gruísta o conductor; debe cumplir unas determinadas condiciones: rapidez de decisión, coordinación muscular, reflejos...

Asimismo debe ser capacitado para maniobrar la grúa con seguridad mediante una instrucción teórico-práctica adecuada que debe además reforzarse cada uno o dos años (reciclaje).

A continuación algunas Normas básicas de seguridad para el conductor:

- Levantar siempre verticalmente las cargas.
- Si la carga, después de izada, se comprueba que no está correctamente situada, debe volver a bajarse despacio.
- Si la carga es peligrosa se avisará la operación con tiempo suficiente.
- No debe abandonarse el mando de la máquina mientras penda una carga del gancho.
- Debe observarse la carga durante la traslación.
- Se debe evitar que la carga sobrevuele a personas.
- Observación diaria de carencia de anomalías en el funcionamiento de la máquina.

11.6. SEGURIDAD GALVANIZACIÓN

El galvanizado es un recubrimiento seguro si se maneja correctamente. Pero siempre es conveniente disponer de información correcta que permita mejorar todavía más tanto la seguridad de los operarios de las plantas de galvanización como la de los usuarios de los materiales galvanizados

Riesgos

En la galvanización en caliente se utiliza zinc fundido a unos 450°C. Todos los talleres de galvanización conocen el peligro que entraña este metal fundido y entrenan a su personal para que puedan trabajar con seguridad. Sin embargo, no pueden controlar el diseño de las piezas y construcciones metálicas que sus clientes les envían a galvanizar. En todos los talleres de galvanización se inspeccionan cuidadosamente las piezas y construcciones para comprobar que pueden galvanizarse sin riesgo, pero es preferible garantizar la seguridad de la operación mediante un diseño adecuado de las mismas.

Los riesgos más frecuentes son los producidos por quemadura al salpicar el zinc a 450°C.

Medidas preventivas

Las principales reglas que deben tenerse en cuenta serían:

- Disponer siempre orificios de ventilación y drenaje en las piezas huecas. Nunca enviar a galvanizar una construcción con perfiles huecos que no lleven orificios de ventilación y drenaje.
- Consultar con el galvanizador los detalles de diseño más convenientes para cada caso particular, si no se tiene seguridad sobre la solución más adecuada.
- Pensar siempre en la seguridad durante el proyecto.
- Recordar que las explosiones dentro de la cuba de galvanización son muy peligrosas.


11.7. FICHAS DE SEGURIDAD

A continuación se muestran las fichas de seguridad de los productos químicos más influyentes del proceso:

- Ácido clorhídrico. Interviene en las etapas de desengrase al 2% y en el decapado al 16,5%.
- Cloruro de zinc y Cloruro amónico. Ambos actúan como una sal doble en proporción 44:56 respectivamente en el baño de flux.
- Zinc. Es el elemento primordial de la galvanización ya que será el responsable de formar el recubrimiento protector del acero al reaccionar por difusión intermetálica con él.
- Hidróxido de sodio. Actúa para neutralizar las aguas ácidas en el proceso de depuración.

COLORURO DE HIDROGENO

ICSC:
0163



COLORURO DE HIDROGENO
 Acido clorhídrico
 HCl
 Masa molecular: 36.5

Nº CAS 7647-01-0
 Nº RTECS MW4025000
 Nº ICSC 0163
 Nº NU 1050
 Nº CE 017-002-00-2

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
<input type="checkbox"/> INHALACION	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta. (Síntomas no inmediatos: véanse Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

□ PIEL	Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
□ OJOS	Corrosivo. Dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
□ INGESTION			

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, metales. Mantener en lugar bien ventilado.	<p>CE: símbolo C símbolo T</p> <p>R: 23-35 S: (1/2-)9-26-36/37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios NU: 8</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0163

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

D A T O S I M P	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.</p> <p>PELIGROS FISICOS El gas es más denso que el aire.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS La disolución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</p>
--	---	--

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

O R T A N T E S	<p>cloruro de hidrógeno. Ataca a muchos metales formando hidrógeno.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: 5 ppm; 7.5 mg/m³ (valor techo) (ACGIH 1993-1994).</p>	<p>altas concentraciones del gas puede originar edema pulmonar (véanse Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar el pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición a 101.3 kPa: -85°C Punto de fusión: -114°C Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 72</p>	<p>Solubilidad en agua: Elevada Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.3 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.25</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. Debe considerarse la inmediata administración de un aerosol adecuado por un médico o persona por él autorizada. NO pulverizar con agua sobre la botella que tenga un escape (para evitar la corrosión de la misma). Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-135 Código NFPA: H 3; F 0; R 0;</p>		

COLORURO DE AMONIO

ICSC: 1051

COLORURO DE AMONIO

Cloruro amónico

Sal de amoníaco

NH_4Cl

Masa molecular: 53.5

Nº CAS 12125-02-9


Nº RTECS BP4550000

Nº ICSC 1051

Nº CE 017-014-00-8

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
<input type="checkbox"/> INHALACION	Tos.	Ventilación (no si es polvo), extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
<input type="checkbox"/> OJOS	Enrojecimiento.	Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

<input type="checkbox"/> INGESTION	Náuseas, dolor de garganta, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca, dar a beber agua abundante, guardar reposo y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).	Separado de nitrato amónico, clorato potásico, ácidos, álcalis, sales de plata. Mantener en lugar seco.		símbolo Xn R: 22-36 S: (2-)22 CE:
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE			
ICSC: 1051		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994	
D A T	ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido entre incoloro y blanco, inodoro, higroscópico en diversas formas.	VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del polvo o humo y por ingestión.	
	PELIGROS FISICOS	RIESGO DE INHALACION	

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

S	TLV (como TWA): 10 mg/m ³ (humos) (ACGIH 1995-1996). TLV (como STEL): 20 mg/m ³ (humos) (ACGIH 1995-1996). MAK no establecido.	
PROPIEDADES FÍSICAS	Punto de sublimación: 350°C Densidad relativa (agua = 1): 1.5 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 28	Solubilidad en agua: Elevada (28.3 g/100 ml at 25°C) Presión de vapor, kPa a 160°C: 0.13
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
Código NFPA: H 1; F 0; R 0;		

COLORURO DE CINC

ICSC:
1064



COLORURO DE CINC

Dicloruro de cinc




Masa molecular: 136.3

Nº CAS 7646-85-7
Nº RTECS ZH1400000
Nº ICSC 1064
Nº NU 2331
Nº CE 030-003-00-2

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
<input type="checkbox"/> INHALACION	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
<input type="checkbox"/> PIEL	Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Dolor.	Guantes protectores.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

□ OJOS	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad, o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
□ INGESTION	Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Nauseas. Shock o colapso. Dolor de garganta. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	NO provocar el vómito. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: respirador de filtro P3 contra partículas tóxicas).	Separado de bases fuertes, piensos y comida. Mantener en lugar seco. Bien cerrado.	 <p>No transportar con alimentos y piensos.</p> <p>NU (transporte): Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III CE: símbolo C símbolo N R: 34-50/53 S: 1/2-7/8-28-45-60-61</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 1064

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003

D A T O S I M	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido blanco hidrosκόpico en diversas formas.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente, produciendo humos tóxicos de cloruro de hidrógeno y óxidos de cinc. La disolución en agua es moderadamente ácida.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV (comparación) 1 mg/m³ (comparación)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20 °C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas dispersadas en el aire, especialmente en forma de polvo.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE</p>
-------------------------------------	---	---

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

M P O R T A N T E S	<p>TLV (como gas): 1 mg/m³ (como TWA); 2 mg/m³ (como STEL) (ACGIH 2003). MAK no establecido.</p>	<p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</p> <p>La sustancia es corrosiva para los ojos y la piel. El aerosol irrita el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del gas de esta sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas). La sustancia puede causar efectos en páncreas. La exposición aguda a altas concentraciones de humo de cloruro de cinc puede originar el Síndrome de Fallo Respiratorio, conduciendo a una fibrosis pulmonar y la muerte.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 732°C Punto de fusión: 290°C</p>	<p>Densidad: 2.9 g/cm³ Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: muy elevada.</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.</p>	
NOTAS		
<p>Otro número NU: 1840, solución de cloruro de cinc; Clasificación de Peligro: 8. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles.</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80GC2-II+III</p>		

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

CINC

**ICSC:
1205**





CINC
 Zinc
 Zn
 Masa atómica: 65.4

Nº CAS 7440-66-6
 Nº RTECS ZG8600000
 Nº ICSC 1205
 Nº NU 1436 (polvo de cinc)
 Nº CE 030-001-00-1

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con ácidos, bases y sustancias incompatibles (véanse Peligros químicos).	Agentes especiales, arena seca, NO utilizar otros agentes. NO utilizar agua.
EXPLOSION	Riesgo de incendio y explosión en contacto con ácidos, bases, agua y sustancias incompatibles.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra). Evitar la acumulación de polvo.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICION		-EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! -HIGIENE ESTRICTA!	

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

☐ INHALACION	Sabor metálico, fiebre de los humos metálicos, síntomas no inmediatos (véanse Notas).	Extracción localizada.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
☐ PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
☐ OJOS		Gafas de protección de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
☐ INGESTION	Dolor abdominal, náuseas, vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Eliminar todas las fuentes de ignición. Barrer la sustancia e introducirla en recipientes secos. NO verterlo al alcantarillado. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de oxidantes, bases, ácidos. Mantener en lugar seco.	 <p>Hermético. símbolo F R: 15-17 S: (2-)/7/8-43 Clasificación de Peligros NU: 4.3 Riesgos Subsidiarios NU: 4.2 Grupo de Envasado NU: II CE:</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 1205

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

D A T O S I	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Polvo inodoro entre gris y azul.</p> <p>PELIGROS FISICOS Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular. Si está seca, puede cargarse electrostáticamente por turbulencia, transporte neumático, vertido, etc.</p> <p>PELIGROS QUIMICOS</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</p>
---	---	---

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

M P O R T A N T E S	<p>Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes. Reacciona con agua y reacciona violentamente con ácidos y bases, produciendo gas inflamable de hidrógeno.</p> <p>Reacciona violentamente con azufre, hidrocarburo halogenados y otras muchas sustancias, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p style="text-align: center;">LIMITES DE EXPOSICION TLV no establecido.</p>	<p style="text-align: center;">CORTA DURACION</p> <p>La inhalación del humo puede originar fiebre de los humos metálicos. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.</p> <p style="text-align: center;">EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</p> <p>El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 907°C Punto de fusión: 419°C Densidad relativa (agua = 1): 7.14</p>	<p>Solubilidad en agua: Reacciona. Presión de vapor, kPa a 487°C: 0.1 Temperatura de autoignición: 460°C</p>
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>El cinc puede contener trazas de arsénico por lo que al descomponerse puede producir gas tóxico de arsina. Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua, halons, espuma y dióxido de carbono. Los síntomas de fiebre del humo metálico no se ponen de manifiesto hasta transcurridas algunas horas. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).</p> <p>Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-43G14 Código NFPA: H 0; F 1; R 1;</p>		

HIDROXIDO DE SODIO

ICSC:
0360



HIDROXIDO DE SODIO

Hidróxido sódico

Sosa cáustica

Sosa

NaOH

Masa molecular: 40.0

Nº CAS 1310-73-2

Nº RTECS WB4900000

Nº ICSC 0360


Nº NU 1823

Nº CE 011-002-00-6

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar el suficiente calor para producir la ignición de sustancias combustibles.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION			
EXPOSICION		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
<input type="checkbox"/> INHALACION	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

□ PIEL	Corrosivo. Enrojecimiento, graves quemaduras cutáneas, dolor.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
□ OJOS	Corrosivo. Enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria si se trata de polvo.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
□ INGESTION	Corrosivo. Dolor abdominal, sensación de quemazón, diarrea, vómitos, colapso.	No comer, ni beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente adecuado, eliminar el residuo con agua abundante. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de ácidos fuertes, metales, alimentos y piensos, materiales combustibles. Mantener en lugar seco y bien cerrado (véanse Notas).	 <p>No transportar con alimentos y piensos. símbolo C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II</p>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0360

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Europeas © CCE, IPCS, 1994

D A T O S I	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Sólido blanco, delicuescente en diversas formas e inodoro.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICOS La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en ambientes húmedos para metales</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.</p>
--	---	---

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

M P O R T A N T E S	<p>ambientes húmedos para metales tales como cinc, aluminio, estaño y plomo originando hidrógeno (combustible y explosivo). Ataca a algunas formas de plástico, de caucho y de recubrimientos. Absorbe rápidamente dióxido de carbono y agua del aire. Puede generar calor en contacto con la humedad o el agua.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: 2 mg/m³ (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAK: clase G</p>	<p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION Corrosivo. La sustancia es muy corrosiva de los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación del aerosol de la sustancia puede originar edema pulmonar (véanse Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1</p>	<p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13</p>
DATOS AMBIENTALES	<p> Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS		
<p>El valor límite de exposición laboral aplicable no debe superarse en ningún momento de la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son por ello, imprescindibles. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añadirla al agua siempre lentamente. Almacenar en una área que disponga de un suelo de hormigón, resistente a la corrosión. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-121 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;</p>		

12. BIBLIOGRAFÍA

- **Libros consultados:**

- *“Galvanización en caliente”* Juan R. Miguel / Pere Molera Solá. Edición Cedel.
- *“Prontuario del acero galvanizado”* Asociación Técnica Española de Galvanización.
- *“Galvanotecnia, teoría y práctica”* Hector Bos. Editorial Celten
- *“Los recubrimientos del zinc: Protección del acero frente a la corrosión”* Asociación Técnica Española de Galvanización.
- *“Recubrimientos de los metales”* Pere Molera Solá. Boixareu Editores.
- *“Metales resistentes a la corrosión”* Pere Molera Solá. Boixareu Editores.
- *“Metalurgia”* E. L. Rhead . Editorial Labor S.A.
- *“Corrosión y degradación de materials”* Enrique Otero Huelva. Editorial Síntesis.
- *“Guía de buenas prácticas para el sector de la galvanotecnia”* Obra ejecutada por Fundes Colombia.
- *“Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones en el sector de la galvanización”* Sociedad Pública de Gestión Medioambiental, IHOBE S.A.

- **Páginas web consultadas:**

- <http://www.ateg.es/> Página oficial de la Asociación Técnica Española de la Galvanización
- <http://www.azsa.es/> Página de la asociación de Zn. S.A.
- <http://www.agalsa.com/> Página correspondiente a la empresa “Asturiana Galvanizadora, S.A.”
- <http://www.galesa.com/> Página correspondiente a la empresa “Galvanizadora Valenciana S.A.”
- <http://www.egga.com/> Página oficial de la Asociación Europea de Galvanización.
- <http://www.infoambiente.com/cgi-bin/ambiente.cgi?MSITE=&item=10946> Encontramos un artículo de mejora medioambiental del proceso de galvanización publicado por Comisiones Obreras CC.OO.
- www.metalia.es Encontramos diversos artículos sobre la galvanización procedentes de la ATEG Asociación Técnica Española de la Galvanización.
- <http://www.eper-es.com/index3.htm> En esta página se publica el “Documento de orientación sectorial para la medición, cálculo y estimación de emisiones de sustancias Eper. Sector de galvanización en caliente de piezas y artículos diversos (galvanización en general)” emitido por el Ministerio de Medio Ambiente Española.

También se publica “Guía Tecnológicas. Directiva 96/61 relativa a la prevención y control integrados de la contaminación. Epígrafe 2.3.c. Sector de la Galvanización” Emitido por el Ministerio de Industria y Energía.

- http://www.mtas.es//insht/information/Ind_temntp.htm Página del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo en la cual se ha obtenido información acerca de las fichas de seguridad de los productos químicos puestos en juego en el proceso.

1. CÁLCULO CAPACIDAD PRODUCTIVA HORNO

Siendo la capacidad del horno 40Tn/h esto nos limitará a la hora de tomar decisiones para aumentar la producción. Según este valor podríamos realizar 6 inmersiones de 6700Kg cada 10 minutos pero surge un inconveniente: los puentes grúas tienen una capacidad máxima de carga de 10000Kg y las cerchas tienen un peso máximo de 4800Kg, siendo esto así, sólo se podrían colgar como máximo 5200Kg.

Al ser inmersiones más ligeras podrían reducirse el tiempo entre ellas tal que se realizarán 7 inmersiones de 5200 kg cada 8 minutos pero como ya veremos más adelante se necesita mínimo 9 – 10 minutos entre cada inmersión. Resumiendo, podríamos realizar 6 inmersiones de 5200 Kg en una hora.

Hasta ahora no hemos tenido en cuenta las pérdidas de calor sufridas por el crisol tras cada inmersión que pudiera dar lugar a una disminución de la temperatura y por lo tanto unas condiciones no óptimas para el galvanizado.

Veamos como podría calcularse la disminución de temperatura que sufriría el baño de zinc y si pudiera afectar a las inmersiones.

Suponiendo que las pérdidas de energía del zinc (pérdidas hacia el exterior en la capa superficial del baño, pérdidas por las paredes del baños...) se mantienen constantes durante cada inmersión, consideraremos que estas no intervendrán en la transmisión de calor puesta en juego entre el zinc y el material.

De acuerdo con el principio de conservación de la energía, suponiendo que no existen pérdidas, cuando dos cuerpos a diferentes temperaturas se ponen en contacto, el calor tomado por uno de ellos ha de ser igual en cantidad al calor cedido por el otro. Para todo proceso de transferencia calorífica que se realice entre dos cuerpos puede escribirse entonces la ecuación:

$$Q_1 = - Q_2$$

en donde el signo - indica que en un cuerpo el calor se cede, mientras que en el otro se toma.

Recurriendo a la ecuación calorimétrica, la igualdad anterior puede escribirse en la forma:

$$m_1 \cdot c_{e1} \cdot (T_e - T_1) = - m_2 \cdot c_{e2} \cdot (T_e - T_2)$$

en donde:

- el subíndice 1 hace referencia al cuerpo frío, el hierro que se somete a la inmersión, y el subíndice 2 al caliente, el zinc líquido del crisol.
- La temperatura T_e en el equilibrio será superior a T_1 e inferior a T_2 .
- m = masa en Kg que se pone en juego
- C_e = capacidad calorífica de los elementos en J / (Kg · K)
- T = temperatura en K

Haciendo uso de la bibliografía tendremos:

- Capacidad calorífica específica Hierro: $C_{e\text{Fe}} = 440 \text{ J / (Kg} \cdot \text{K)}$
- Capacidad calorífica específica Zinc: $C_{e\text{Zn}} = 390 \text{ J / (Kg} \cdot \text{K)}$

Tomando los datos del proyecto tendremos:

- Temperatura, T_1 , se corresponde con la temperatura del hierro en el momento de su inmersión. Considerando que el traslado del secadero al crisol se hace lo suficientemente rápido como para considerar las pérdidas de calor despreciables, la temperatura será de unos $60^\circ\text{C} = 333\text{ K}$
- Temperatura, T_2 , se corresponde con la temperatura en el baño de zinc que sería de $450^\circ\text{C} = 723\text{ K}$
- Para hallar m_1 utilizaremos el volumen del crisol, 105 m^3 y la densidad del zinc, $7,1\text{g/cc}$ tal que a través de la definición de densidad = masa /volumen obtenemos que $m_1 = 750000\text{Kg}$.
- En el caso del hierro hemos supuesto que las inmersiones serán de 6700 Kg .

Incluyendo estos datos en la ecuación 2 se obtiene una temperatura de equilibrio de 447°C por lo que la temperatura del zinc decae en 3°C .

$$\begin{aligned}Q_1 &= -Q_2 \\m_1 \cdot c_{e1} \cdot (T_e - T_1) &= -m_2 \cdot c_{e2} \cdot (T_e - T_2) \\750000 \cdot 390 \cdot (T_e - 723) &= -5200 \cdot 440 (T_e - 333) \\292500 \cdot 10^3 T_e - 211480000 \cdot 10 &= -2288 \cdot 10^3 T_e + 761904 \cdot 10^3 \\294700 \cdot 10^3 T_e &= 2122139404 \cdot 10^3 \\T_e &= 720\text{ K} \\T_e &= 447^\circ\text{C}\end{aligned}$$

La temperatura del zinc descenderá en 3°C . Para ver si este descenso afectará a la siguiente inmersión tendremos que analizar la

capacidad de recuperación que puede aportar el horno. Para ello comparemos el calor perdido por el zinc y el calor aportado por el horno.

$$Q_{\text{perdido Zn}} = - m_2 \cdot c_{e2} \cdot (T_e - T_2) = - 750\,000 \cdot 390 \cdot (720 - 723) = 8,8 \cdot 10^8 \text{ J} \\ = 8,8 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

Para calcular el calor aportado por el horno tendremos en cuenta la potencia térmica del mismo:

$$P_t = 3,7 \cdot 10^6 \text{ kcal / h} = 15,47 \cdot 10^6 \text{ kJ / h}$$

El tiempo que dispondrá el horno para contrarrestar la pérdida será como, hemos visto anteriormente, de 10 minutos (0,17h.), por lo que el calor aportado será:

$$P_t = Q / t \rightarrow Q_{\text{aportado horno}} = P_t \cdot t = 15,47 \cdot 10^6 \cdot 0,17 = 25,78 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{perdido Zn}} = 8,8 \cdot 10^5 \text{ kJ} < Q_{\text{aportado horno}} = 25,78 \cdot 10^5 \text{ kJ}$$

Por lo tanto el zinc se restablecerá y alcanzará las condiciones óptimas tras cada inmersión.

Concluyendo se podrán realizar 6 inmersiones de 5200 kg máximo cada 9-10 minutos lo que supondrá 31,2 Tn / h.

2. CÁLCULO DE LOS TIEMPOS ÓPTIMOS EN CRISOL

Como se describe en la memoria del proyecto para obtener los tiempos óptimos en crisol se necesitará añadir a los valores mínimos de espesor exigidos por la norma al menos 15 micras que se correspondería con el error del equipo de medida, máximo 4 micra, más la incertidumbre por la composición variable de los aceros, máximo 9 micras (este valor se ha obtenido experimentalmente).

En el caso de nuestro estudio estamos tratando con materiales regidos por una norma basada en la ISO 1461:1999 pero más restrictiva que ésta: Reglamento de Red Eléctrica. En este reglamento no se establece áreas locales sino puntos mínimos y el espesor medio no se corresponde con la media de las áreas locales sino con la media de al menos 5 puntos tomados a lo largo de la pieza y los valores mínimos son superiores.

A continuación se muestran los espesores exigidos por dicho reglamento y los adoptados por nosotros.

Espesor de la pieza	Valor puntual (mínimo)		Valor medio (mínimo)	
	Norma	Óptimo	Norma	Óptimo
Acero \geq 5 mm	75	90	90	105
Acero < 5 mm	70	85	80	95

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Teniendo en cuenta estos espesores óptimos podremos estimar los tiempos óptimos a través de la tendencia seguida por los datos representados en las gráficas. Esta tendencia ha quedado recogida en la siguiente tabla:

Material	Espesor óptimo	Pendiente	O.O.	R²	Tiempo óptimo
Angular ala ancha diagonal	105	47049	64,485	0,9524	01:14
Angular ala corta diagonal	105	41772	67,646	0,9154	01:17
Angular Vertical e< 5 mm	95	37856	52,088	0,941	01:38
Angular Vertical e> 5 mm	105	35707	69,819	0,8647	01:25
Cartela	105	43398	63,073	0,9129	01:23
Casquillo	105	46425	64,53	0,9161	01:15

Establecidos los tiempos óptimos veamos que materiales son los que limitan al crisol para ello deberemos tener en cuenta los tiempos óptimos de entrada y salida. Estos al no sufrir mucha variación a lo largo del tiempo se ha obtenido a través de una media aritmética. A continuación se recogen los resultados:

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Material	Tiempo permanencia	Tiempo entrada	Tiempo salida	Tiempo total
Angular ala ancha diagonal	01:14	00:43	01:40	03:38
Angular ala corta diagonal	01:17	00:44	01:43	03:45
Angular Vertical e< 5 mm	01:38	00:36	01:26	03:40
Angular Vertical e> 5 mm	01:25	00:44	01:24	03:33
Cartela	01:23	00:34	01:26	03:23
Casquillo	01:15	00:35	01:16	03:06

Como puede observarse los casquillos son los materiales que menor tiempo necesitan por lo que serán tomados como referencia del mínimo tiempo en crisol y los angulares de ala corta en diagonal como referencia del mayor tiempo en crisol. Estos tiempos establecerán los límites en crisol.

Ahora será necesario añadir a este tiempos límites de crisol los tiempos correspondientes al movimiento de la grúa principal que es la que determina el tiempo entre cercha y cercha. El trabajo de esta grúa se divide en:

- Sacar la cercha del secadero, trasladarla al crisol y prepararla para su inmersión (bajar la campana extractora de humos, incorporación de los operarios a la zona del baño, precalentamiento de la cercha para eliminar posibles restos de humedad...) equivaldría aproximadamente a 3 minutos.

- Movimiento de entrada y salida del crisol se corresponde con nuestro tiempo mínimo calculado en crisol, aproximadamente 3 minutos y al máximo aproximadamente 4 minutos.
- Llevar la cercha del crisol al enjuague y depositar la cercha en dicho baño supondría aproximadamente 2 minutos y 30 segundos (el descenso de la cercha al baño de enjuague debe hacerse lentamente por la elevada diferencia de temperaturas entre el agua y las piezas).
- Traslado de la grúa hacia el secadero para tomar la siguiente cercha serían escasos 30 segundos.

Establecidos estos movimientos, los tiempos mínimos y máximos totales entre inmersiones corresponderían a la suma de los anteriores tiempos:

$$\text{Tiempo mínimo entre inmersiones} = 3' + 3' + 2'30'' + 30'' = 9'$$

$$\text{Tiempo máximo entre inmersiones} = 3' + 4' + 2'30'' + 30'' = 10'$$

Resumiendo, el menor tiempo posible entre inmersiones será de 9 minutos y esto limitará como ya se ha comprobado en el apartado anterior la capacidad productiva del crisol.

Estos tiempos también limitarán el número de inmersiones en crisol tal que obtenemos los siguientes límites:

Nº de inmersiones mínima a la hora = 6'6 inmersiones.

Nº de inmersiones máxima a la hora = 6 inmersiones.

3. CÁLCULO DEL CUMPLIMIENTO DE LA CONDICIÓN REFERENTE A LA VELOCIDAD DE EXTRACCIÓN

Antes de finalizar este apartado habrá que tener en cuenta que esos tiempos óptimos de salida deben de cumplir una condición necesaria: velocidad de salida de la cercha será inferior o igual que la velocidad de escurrido del zinc, 1500mm / min. Esto significará que en 1 minuto sólo habrá sido extraída una altura de la percha de 1500mm.

Material	Tiempo salida (min.)	Longitud extraída (mm)
Angular ala ancha diagonal	01:40	2512
Angular ala corta diagonal	01:43	2587
Angular Vertical $e < 5$ mm	01:26	2155
Angular Vertical $e > 5$ mm	01:24	2100
Cartela	01:26	2138
Casquillo	01:16	1900

Para el caso de las cartelas y casquillos no existirán problemas porque se disponen verticalmente y su longitud no excede los 1000mm.

Para los angulares en vertical habrá que tener en cuenta que nuestro tiempo óptimo obtenido sólo vale para longitudes inferiores a 2100mm. Para longitudes superiores se necesitará mayor tiempo pero no es el caso de nuestro estudio.

En el caso de angulares en diagonal, su longitud oscila desde aproximadamente los 2500mm hasta 12000mm. Los datos tomados para nuestro estudio se ha realizado sobre angulares de 2000 a 3000mm formando ángulos con la horizontal de aproximadamente 45° , por lo que si hallamos la altura del triángulo que formarían, nuestro rango sería de 1700 a 2500 mm. Cumpliríamos con la condición establecida.

ANEXO 1:

**TABLAS Y GRÁFICOS DE LA RELACIÓN
TIEMPO EN CRISOL / ESPESOR DE ZINC**

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
04/10/2005	04:29	195	00:40	01:15	06:24
04/10/2005	04:00	207	00:35	02:16	06:51
11/10/2005	03:50	195	00:47	01:43	06:20
19/10/2005	02:18	132	00:54	01:08	04:20
19/10/2005	02:44	144,6	00:35	01:15	04:34
21/10/2005	02:48	148,2	00:28	01:47	05:03
21/10/2005	02:53	166,5	00:55	00:58	04:46
21/10/2005	02:35	148,4	00:43	00:49	04:07
24/10/2005	01:48	125	00:36	01:04	03:28
02/11/2005	02:30	153	00:39	01:55	05:04
03/11/2005	01:30	117	00:54	01:00	03:24
04/11/2005	02:00	138	00:44	01:06	03:50
15/11/2005	02:20	149	00:43	02:43	05:46
16/11/2005	00:58	92	00:43	03:34	05:15
21/12/2005	01:10	95	00:36	02:14	04:00
21/12/2005	01:13	103	00:56	01:23	03:32
28/12/2005	00:55	95	00:51	02:18	04:04

00:43 01:40
(tiempo medio)

**TABLA 1. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Angular de ala ancha diagonal**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
11/10/2005	03:04	158	00:42	00:48	04:34
20/10/2005	03:18	151	00:46	01:18	05:22
21/10/2005	03:00	165	00:55	00:36	04:31
21/10/2005	03:08	153	00:51	01:06	05:05
11/10/2005	03:08	154	00:42	01:15	05:05
14/11/2005	02:20	134	00:32	02:07	04:59
16/11/2005	02:00	133	00:36	02:27	05:03
22/11/2005	02:03	138	00:49	03:49	06:41
01/12/1905	02:35	148	00:40	02:35	05:50
05/12/2005	01:45	124	00:55	01:10	03:50
07/12/2005	01:25	100	00:42	02:11	04:18
20/12/2005	01:02	92	00:46	01:17	03:05
20/12/2005	00:50	89	00:34	01:46	03:10

00:44 01:43
(tiempo medio)

**TABLA 2. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Angular de ala corta diagonal**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
05/10/2005	04:00	155	00:33	00:57	05:30
11/10/2005	02:15	122	00:32	01:20	04:07
20/10/2005	02:56	135	00:26	01:53	05:15
24/10/2005	02:34	114	00:38	01:14	04:26
02/11/2005	02:55	128	00:45	01:55	05:35
07/11/2005	03:47	150	00:36	00:35	04:58
22/11/2005	02:16	110	00:30	02:40	05:26
05/12/2005	01:45	104	00:39	00:48	03:12
07/12/2005	01:36	90	00:42	01:39	03:57
21/12/2005	01:30	85	00:37	01:21	03:28

00:36 01:26
(tiempo medio)

**TABLA 3. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Angular de ala corta vertical e<5m**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
26/09/2005	04:50	206	00:45	01:20	06:55
03/10/2005	03:43	165	00:37	01:06	05:26
20/10/2005	03:18	151	00:44	01:20	05:22
03/11/2005	03:56	157	00:42	00:20	04:58
14/11/2005	03:13	129	00:37	01:05	04:55
18/11/2005	02:20	124	00:36	02:08	05:04
21/11/2005	02:41	140	00:39	01:17	04:37
24/11/2005	02:27	130	00:31	01:40	04:38
07/12/2005	01:45	116	00:43	01:37	04:05
04/01/2006	01:25	115	01:25	02:07	03:32

00:44 01:24
(tiempo medio)

**TABLA 4. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Angular de ala corta vertical e>5mm**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
04/10/2005	04:00	177	00:36	01:16	05:52
11/10/2005	04:17	198	00:30	01:28	06:15
19/10/2005	02:30	137,3	00:25	01:57	04:52
19/10/2005	02:44	129	00:42	01:08	04:34
24/10/2005	02:00	116	00:36	00:39	03:15
26/10/2005	02:57	160	00:39	01:12	04:48
07/11/2005	01:37	124	00:32	00:56	03:05
15/11/2005	01:24	106	00:41	00:52	02:57
05/12/2005	01:57	134	00:33	01:33	04:03
07/12/2005	01:19	95	00:39	01:15	03:13
21/12/2005	02:20	140	00:28	02:42	05:30
22/12/2005	01:30	102	00:22	02:08	04:00

00:34 01:26
(tiempo medio)

**TABLA 5. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Cartela**

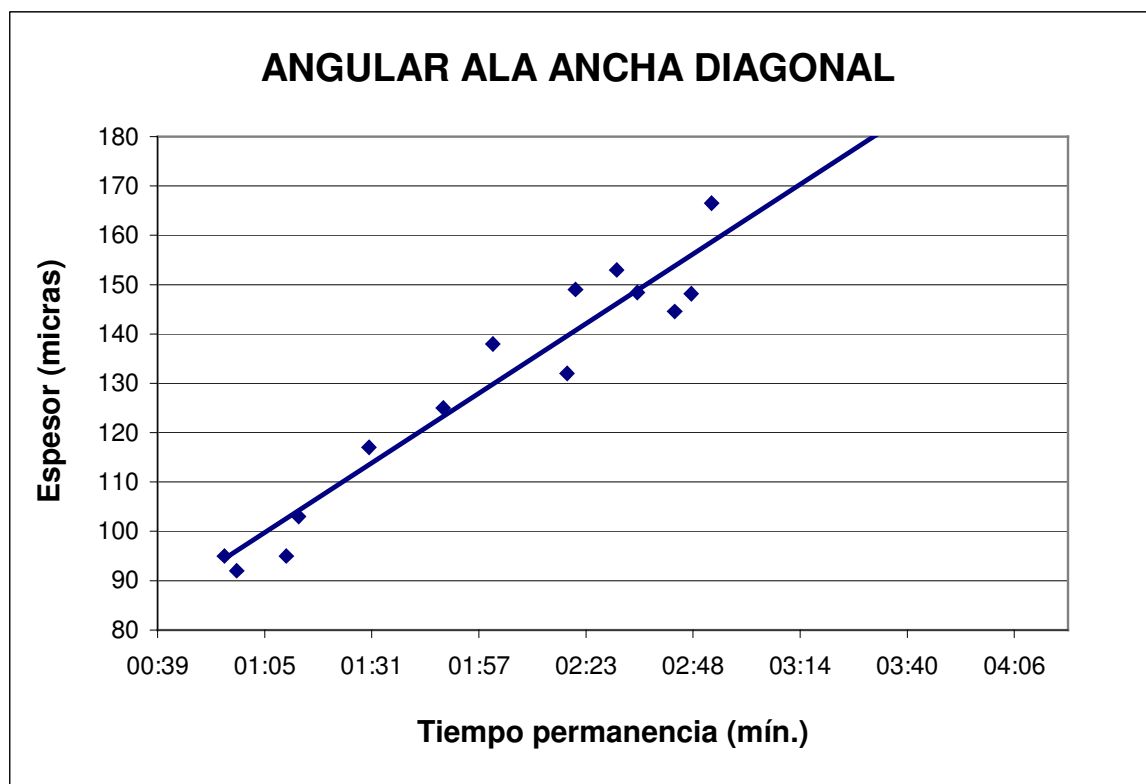
AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Tiempo óptimo Permanencia (min.)	Espesor	Tiempo óptimo Entrada	Tiempo óptimo Salida	Tiempo óptimo Total
30/09/2005	03:56	193	00:34	01:22	05:52
04/10/2005	04:26	209	00:39	01:10	06:15
04/10/2005	02:27	154	00:31	01:54	04:52
06/10/2005	02:42	160	00:29	01:23	04:34
17/10/2005	02:29	138	00:42	01:04	04:15
20/10/2005	02:13	130	00:44	01:31	04:28
20/10/2005	03:10	158	00:32	01:02	04:44
26/10/2005	01:53	135	00:37	00:57	03:27
15/11/2005	02:35	132	00:33	01:05	04:13
16/11/2005	01:29	103	00:44	01:00	03:13
24/11/2005	02:13	145	00:28	00:59	03:40
05/12/2005	01:50	125	00:25	01:45	04:00
07/12/2005	01:20	102	00:33	00:59	02:52
22/12/2005	01:42	129	00:32	01:33	03:47

00:35 01:16
(tiempo medio)

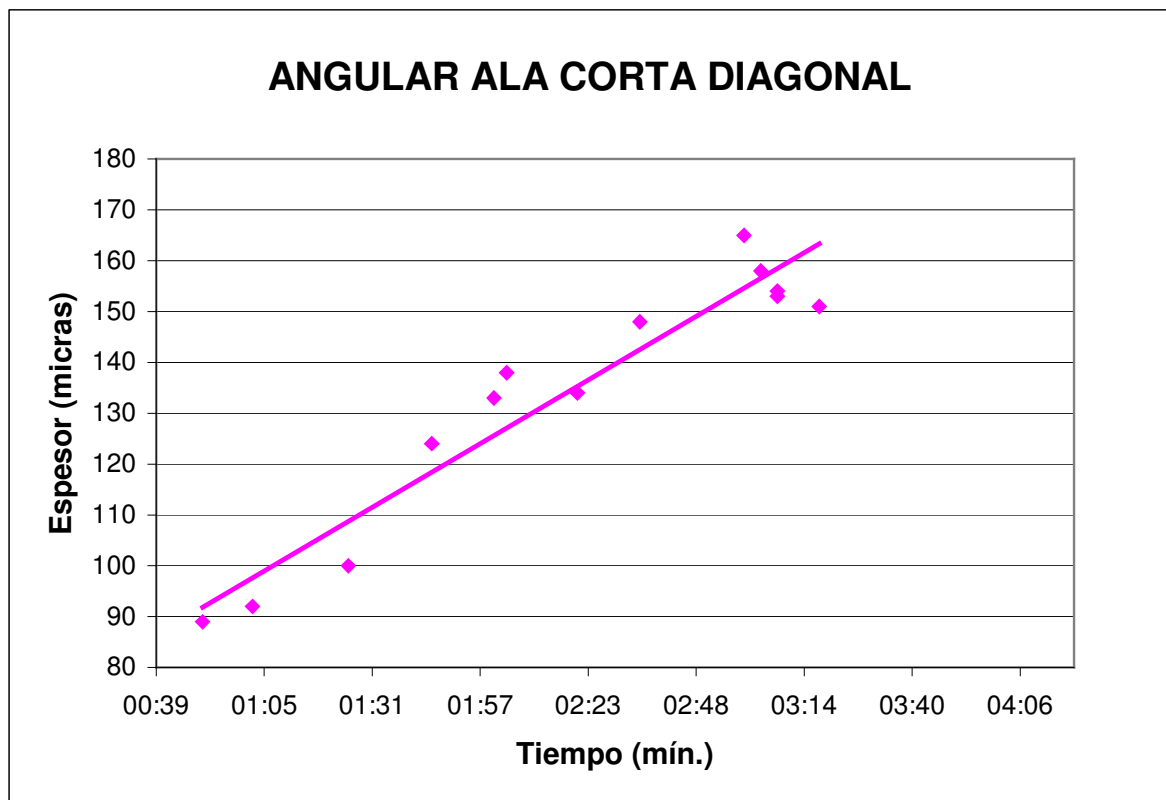
**TABLA 6. Relación de tiempos en crisol para el material tipo:
Casquillo**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE



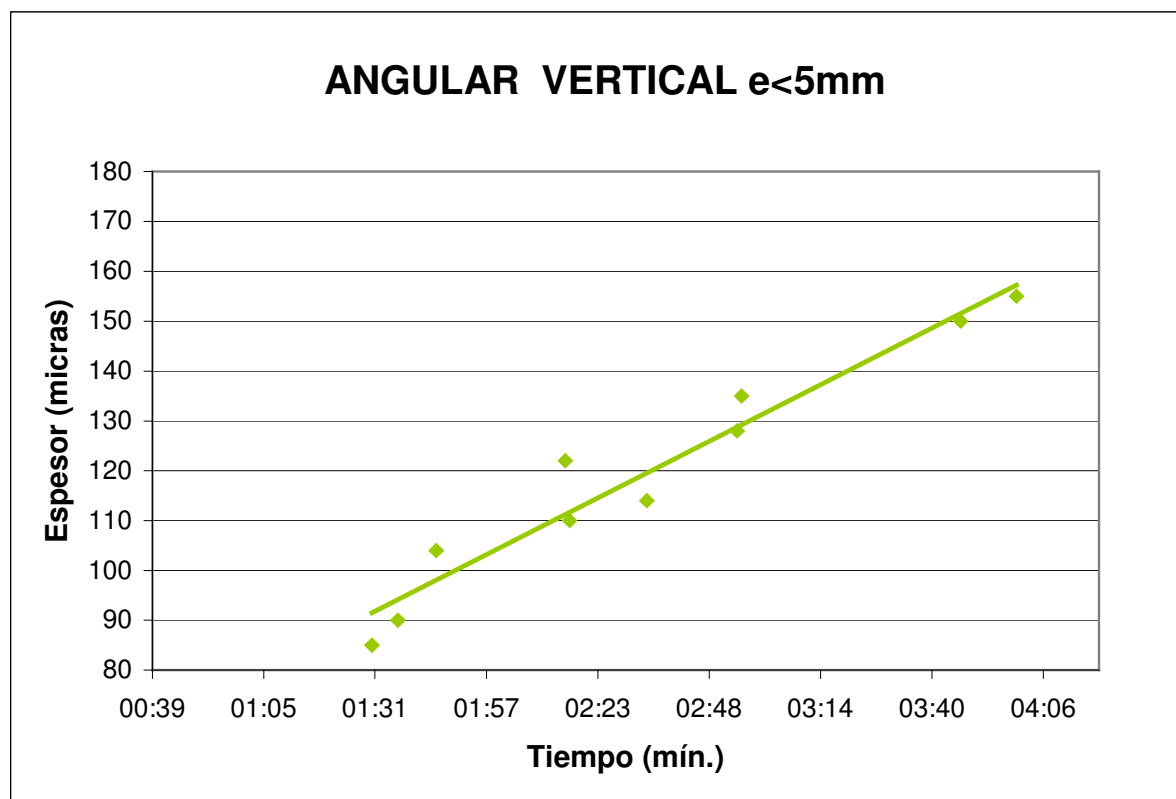
**Gráfico 7. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo:
Angular Ala Ancha Diagonal**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE



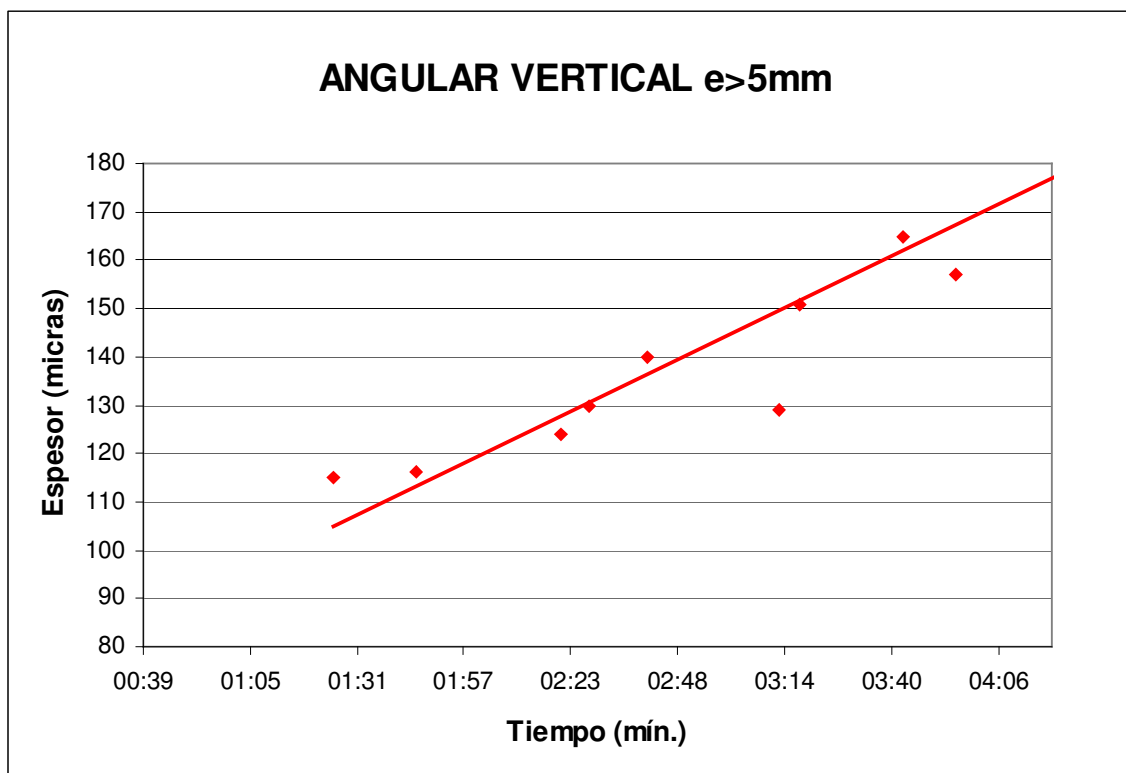
**Gráfico 8. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo:
Angular Ala Corta Diagonal**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE



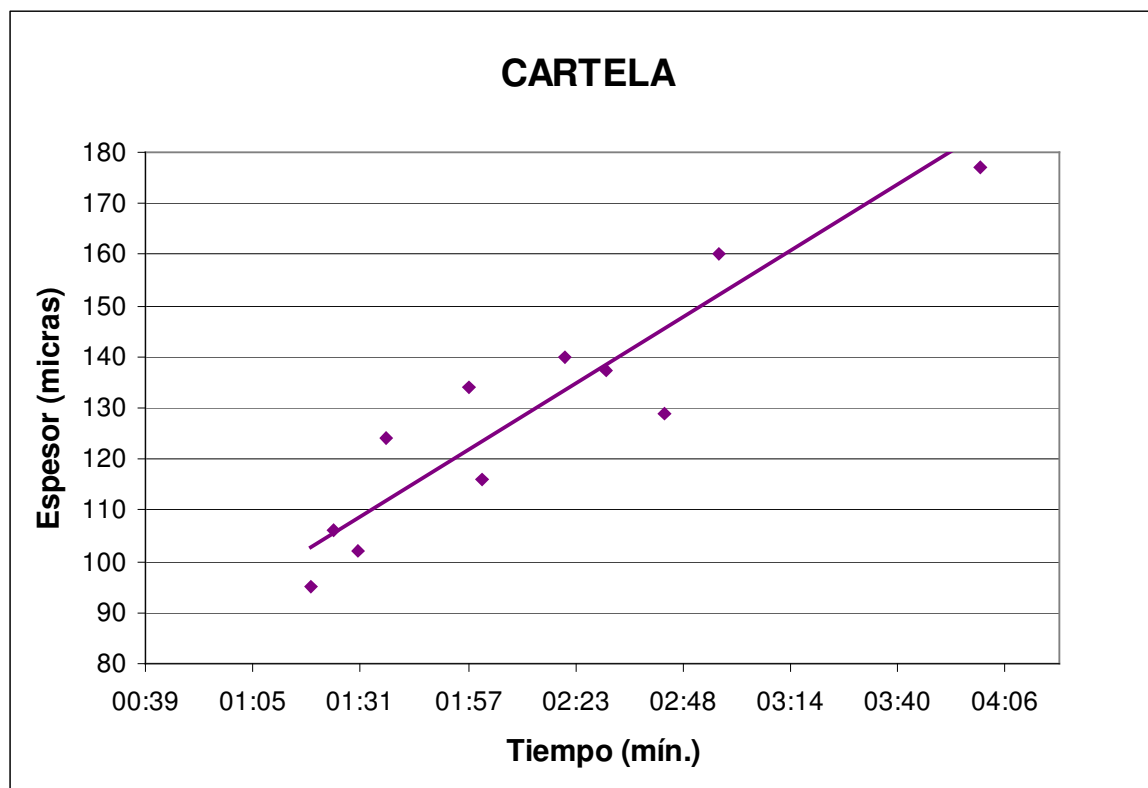
**Gráfico 9. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo:
Angular Vertical e < 5mm**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE



**Gráfico 10. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo:
Angular Vertical e>5mm**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE



**Gráfico 11. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo:
Cartela**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

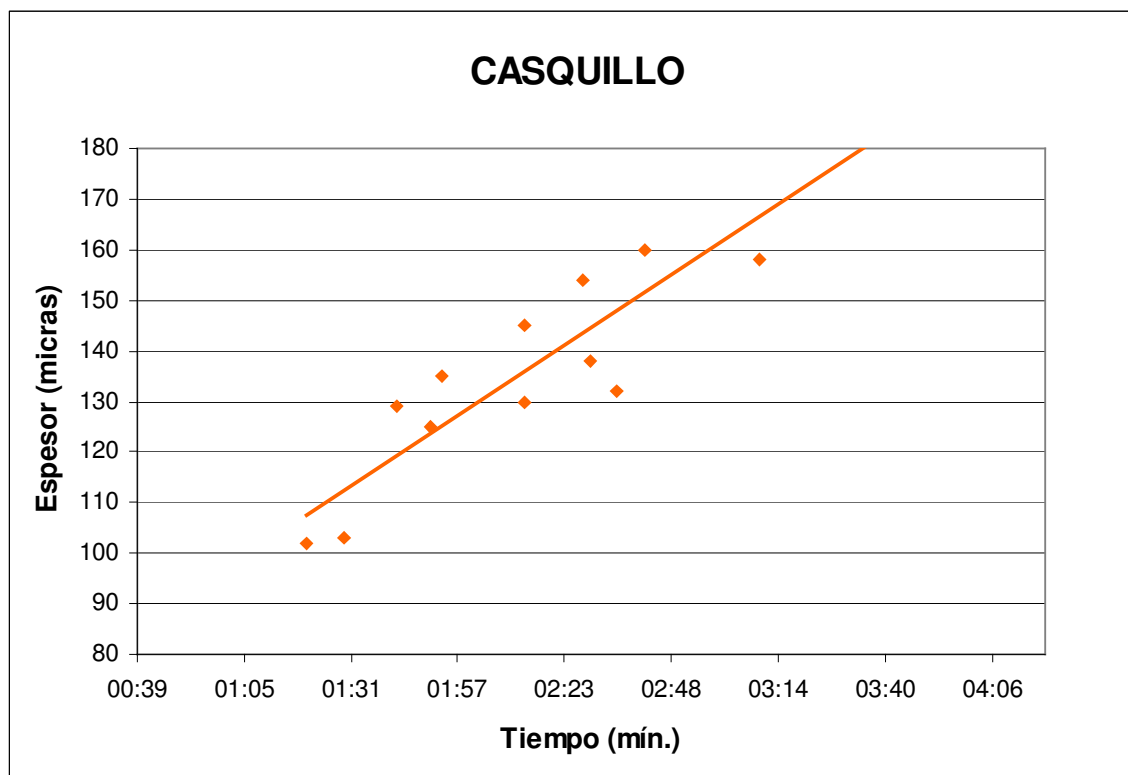


Gráfico 12. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor del material tipo: Casquillo

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

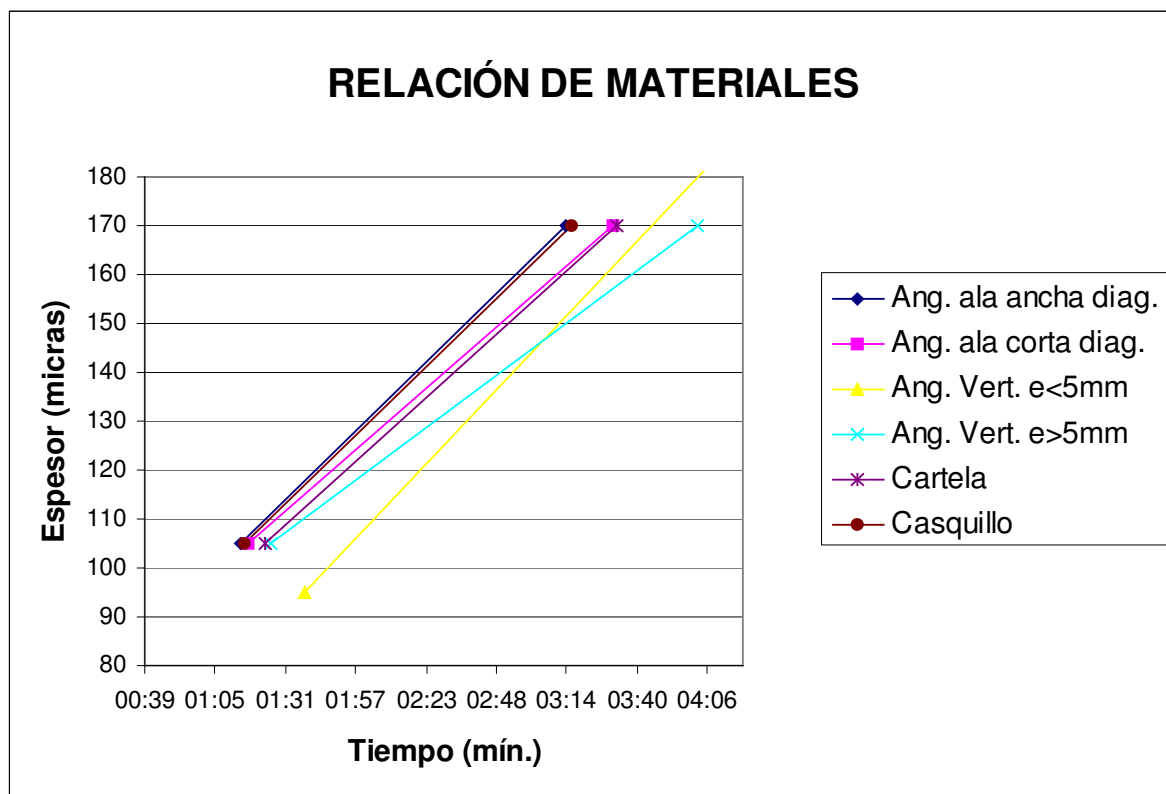


Gráfico 13. Relación Tiempo permanencia en crisol / Espesor de todos los materiales

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

ANEXO 2:

**TABLAS Y GRÁFICOS DE LA RELACIÓN
HOMBRE / PRODUCCIÓN**

AREA DE CUELQUE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	3200	1:35	2021	1011
20-12-05	2	3300	1:50	1800	900
20-12-05	2	2800	1:10	2400	1200
20-12-05	2	2800	1:10	2400	1200
20-12-05	1	2880	2:45	1047	1047
21-12-05	2	3870	2:00	1935	968
22-12-05	2	3200	1:50	1745	873
22-12-05	2	2300	1:15	1840	920
22-12-05	1	4000	3:30	1143	1143
23-12-05	2	3800	1:35	2400	1200
23-12-05	1	3300	2:45	1200	1200
27-12-05	2	2870	1:20	2153	1076
3-1-06	2	5115	3:15	1574	787
4-1-06	1	3480	2:45	1265	1265
5-1-06	2	3345	1:25	2361	1181
		3351	2:00	1819	1065

Tabla 14. Relación hombre / producción para materiales tipo: Angular Vertical en Cuelgue

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/ h-hombre
23-12-05	2	2560	0:45	3413	1707
27-12-00	2	2356	0:35	4039	2019
5-1-06	2	2200	0:30	4400	2200
		3223	0:36	2301	1314

**Tabla 15: Relación hombre / producción para materiales tipo:
Angular Diagonal (2 amarres) Cuelgue**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/h-hombre
19-12-05	2	3460	1:20	2595	1298
21-12-05	2	3530	1:45	2017	1009
21-12-05	2	2730	1:10	2340	1170
21-12-05	2	3130	1:10	2683	1341
22-12-05	2	3930	1:25	2774	1387
22-12-05	2	2490	1:10	2134	1067
28-12-05	2	3200	1:30	2133	1067
28-12-05	2	3450	1:35	2179	1089
4-1-06	2	3900	1:20	2925	1463
		3313	1:22	2420	1210

**Tabla 16: Relación hombre / producción para materiales tipo:
Angular Diagonal Ala corta Cuelgue
(4 amarres)**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/h-hombre
19-12-05	2	3188	1:15	2550	1275
21-12-05	2	2900	1:15	2320	1160
21-12-05	2	3150	0:45	4200	2100
21-12-05	2	4200	1:35	2653	1326
22-12-05	2	3700	1:15	2960	1480
27-12-05	2	4950	1:15	3960	1980
27-12-05	2	3030	1:15	2424	1212
27-12-05	2	3975	1:55	2074	1037
23-12-05	2	5500	1:20	4125	2063
		3844	1:18	3030	1515

Tabla 17. Relación hombre / producción para materiales tipo Angular Diagonal Ala Ancha – Corta Cuelgue (4 amarres)

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	3620	1:15	2896	1448
19-12-05	2	3380	1:05	3120	1560
19-12-05	2	3585	1:15	2868	1434
22-12-05	2	4640	1:30	3093	1547
5-1-06	2	3735	0:40	5603	2801
5-1-06	2	4680	1:15	3744	1872
23-12-05	2	4170	1:20	3128	1564
23-12-05	2	5500	1:30	3667	1833
04-01-05	2	3515	1:00	3515	1758
		4092	1:12	3515	1757

**Tabla 18. Relación hombre / producción para materiales tipo
Angular Diagonal Ala Ancha Cuelgue
(4 amarres)**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	5030	1:45	2874	1437
5-1-06	2	3830	1:25	2704	1352
5-1-06	2	3600	1:45	2057	1029
23-12-05	2	2500	1:50	1364	682
23-12-05	2	4085	2:25	1690	845
04-01-05	2	3880	2:20	1663	831
		3821	1:55	2059	1029

**Tabla 19. Relación hombre / producción para materiales tipo Cartelas
Cuelgue**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario / material	Peso (Kg.)	Tiempo (h)	Kg/h	Kg/h-hombre
19-12-05	2 / tuberías	3765	1:00	3765	1883
5-1-06	2 /tuberías	4160	2:15	1849	924
5-1-06	2 /tuberías	2740	0:50	3288	1644
23-12-05	2 / rejas	1830	3:05	594	297
23-12-05	2 / rejas	4100	3:25	1200	600
04-01-05	2 / rejas	3780	3:30	1080	540
		3396	2:20	1963	981

Tabla 20. Relación hombre / producción para materiales tipo Varios Cuelgue

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

ÁREA DE DESCUELQUE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	4500	2:20	1929	964
19-12-05	2	1728	1:25	1220	610
20-12-05	2	2600	1:30	1733	867
21-12-05	2	4080	2:15	1813	907
21-12-05	2	4420	2:40	1658	829
23-12-05	2	5000	2:35	1935	968
23-12-05	2	5000	2:20	2143	1071
4-1-06	4	3505	1:15	2804	701
4-1-06	2	3500	1:50	1909	955
5-1-06	3	4690	2:00	2345	782
		3902	2:01	1949	865

Tabla 21. Relación hombre / producción para materiales tipo Angular Vertical Descuelgue

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
21-12-05	2	2513	0:20	7539	3770
21-12-05	2	2780	0:30	5560	2780
		2647	0:25	6550	3275

Tabla 22.Relación hombre / producción para materiales tipo Angular Diagonal (2 amarres) Descuelgue

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	3760	1:30	2507	1253
20-12-05	2	2200	0:50	2640	1320
20-12-05	2	2800	1:00	2800	1400
21-12-05	2	3530	1:10	3026	1513
22-12-05	2	4650	2:20	1993	996
22-12-05	2	3340	2:00	1670	835
22-12-05	2	4700	2:10	2169	1085
22-12-05	2	2640	1:45	1509	754
23-12-05	2	4800	2:00	2400	1200
23-12-05	2	3920	1:15	3136	1568
		3637	1:36	2359	1179

**Tabla 23. Relación hombre / producción para materiales tipo Angular
Diagonal Ala corta Descuelgue
(4 amarres)**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
20-12-05	2	3210	1:30	2140	1070
20-12-05	2	4800	1:55	2504	1252
20-12-05	2	3122	1:05	2882	1441
21-12-05	3	3837	0:35	6578	2193
21-12-05	3	4185	0:50	5022	1674
21-12-05	4	4130	1:20	3098	774
		3881	1:12	3704	1401

**Tabla 24. Relación hombre / producción para materiales tipo Angular
Diagonal Ala Ancha – Corta Descuelgue
(4 amarres)**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
19-12-05	2	2100	0:45	2800	1400
22-12-05	3	4640	0:55	5062	1687
4-1-06	2	4520	1:20	3390	1695
4-1-06	2	4700	1:45	2686	1343
4-1-06	2	3605	1:05	3328	1664
		3913	1:10	3453	1558

**Tabla 25. Relación hombre / producción para materiales tipo Angular
Diagonal Ala Ancha Descuelgue
(4 amarres)**

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
21-12-05	4	4195	1:45	2397	2098
23-12-05	3	2555	2:20	1095	1278
3-1-06	2	2060	1:35	1301	1030
4-1-06	6	3960	1:10	3394	1980
		3193	1:42	2047	1596

Tabla 26. Relación hombre / producción para materiales tipo Cartelas Descuelgue

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Fecha	Operario / material	Peso (Kg.)	Tiempo	Kg/h	Kg/ h-hombre
23-12-05	1 / Rejas y escaleras	1780	2:00	890	890
3-1-06	2 / Tubos	2655	1:25	1874	1328
4-1-06	2 / Rejas y escaleras	1095	1:25	773	548
4-1-06	1 / estructuras	1100	1:15	880	550
		1658	1:33	1104	829

Tabla 27. Relación hombre / producción para materiales tipo Varios Descuelgue

ANEXO 3:

TIEMPOS DE DESENGRASE Y DECAPADO

Fecha	Percha	Tiempo de Desengrase (horas)	Tiempo de Decapado (horas)
04-11-05	11	0:43	1:05
15-11-05	22	0:16	1:05
16-11-05	8	0:20	0:45
28-11-05	20	0:43	1:15
05-12-05	4	0:25	1:00
07-12-05	22	0:40	1:00
14-12-05	15	0:30	0:55
15-12-05	1	0:25	1:20
19-12-05	29	0:30	1:10
20-12-05	7	0:30	0:40
22-12-05	30	0:20	0:40
04-01-06	11	0:30	1:10
04-01-06	13	0:20	0:40
05-01-06	26	0:40	1:20
TIEMPOS MEDIOS:		0:29	1:00

Tabla 28: Tiempos de desengrase y decapado

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

ANEXO 4: XIV CONVENIO COLECTIVO GENERAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

BOE núm. 41

Viernes 17 febrero 2006

6479

2852 RESOLUCIÓN de 6 de febrero de 2006, de la Dirección General de Trabajo, por la que se dispone la inscripción en el registro y publicación de los acuerdos de revisión salarial del XIV Convenio Colectivo General de la Industria Química.

Visto el texto del acta de fecha 19 de enero de 2006 donde se recogen los acuerdos de revisión salarial correspondientes al año 2005 y las tablas salariales definitivas para dicho año, así como el incremento salarial correspondiente al año 2006 y las nuevas tablas para el mismo del XIV Convenio Colectivo General de la Industria Química (BOE 6.8.2004) (Código de Convenio n.º 9904235), acuerdos que han sido alcanzados de una parte por la Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE) en representación de las empresas del sector y de otra por las Centrales Sindicales FITTEQA-CC.OO y FIA-UGT en representación de los trabajadores del mismo y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 90, apartado 2 y 3, del Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores y en el Real Decreto 1040/1981, de 22 de mayo, sobre registro y depósito de Convenios Colectivos de trabajo,

Esta Dirección General de Trabajo resuelve:

Primero.—Ordenar la inscripción de la citada revisión salarial en el correspondiente Registro de este Centro Directivo, con notificación a la Comisión Negociadora.

Segundo.—Disponer su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 6 de febrero de 2006.—El Director General, Esteban Rodríguez Vera.

ACTA DE LA REUNIÓN EXTRAORDINARIA DE LA COMISIÓN NEGOCIADORA DEL XIV CONVENIO GENERAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA PARA LA REVISIÓN 2005 Y EL INCREMENTO 2006

En Madrid, siendo las 12:00 horas del día 19 de enero de 2006, se reúnen en los locales de FITTEQA-CC.OO (Madrid), sitos en la calle Lope de Vega, n.º 38, de esta capital, los representantes de FEIQUE, FITTEQA-CC.OO y FIA-UGT, al objeto de discutir el siguiente orden del día:

- I.—Revisión Salarial año 2005.
- II.—Incremento Salarial 2006.

Abierta la sesión, la Comisión Negociadora pasa a discutir sobre los distintos puntos a tratar llegando a los siguientes acuerdos:

- I.—Revisión Salarial año 2005.

Habiéndose constatado que el Índice de Precios al Consumo (IPC), establecido por el Instituto Nacional de Estadística (INE), ha registrado el 31 de diciembre de 2005 un incremento del 3,7%, en relación con el 31 de diciembre de 2004 es decir un 1,7% por encima de la referencia del 2% previsto por el Gobierno para 2005, procede efectuar la Revisión Salarial prevista en el citado artículo.

En consecuencia, la Revisión a efectuar será del 1,7 por 100 sobre la Masa Salarial Bruta de 2004, abonándose con efectos de 1 de enero de 2005 y sirviendo como Base de Cálculo de los incrementos pactados para 2006.

En cuanto a las tablas de Salarios Mínimos Garantizados de los artículos 32 y 44 del Convenio, de conformidad con lo dispuesto en su artículo 31, procede efectuar una revisión salarial en idénticos términos, es decir, del 1,7% y que también se aplica sobre las tablas de Pluses del artículo 40. Igual porcentaje de revisión se aplica sobre las dietas y kilometraje establecidos en el artículo 48, a los únicos efectos de calcular su incremento para 2006 ya que, de conformidad con el citado artículo 48, no procede abono retroactivo alguno como consecuencia de dicha revisión salarial.

Y así, las tablas del año 2005 quedan como a continuación se expone:

Artículo 32. *Tabla de salarios mínimos anuales por grupos profesionales para 2005.*

	Euros/año
Grupo 1	11.747,02
Grupo 2	12.569,30
Grupo 3	13.626,55
Grupo 4	15.153,67
Grupo 5	17.267,61
Grupo 6	20.204,89
Grupo 7	24.551,26
Grupo 8	31.129,58

Artículo 40. *Pluses para 2005.*

Bases:

	Euros/día
Grupo 1	20,45
Grupo 2	21,91
Grupo 3	23,73
Grupo 4	26,40
Grupo 5	30,07
Grupo 6	35,21
Grupo 7	42,79
Grupo 8	54,25

Plus mínimo nocturnidad:

	Euros noche completa
Nocturnidad	8,52

Artículo 44. *Tabla de salarios mínimos garantizados anuales para los trabajadores a turnos afectados por el artículo 44 para 2005.*

	Euros/año
Grupo 1	14.472,33
Grupo 2	15.294,61
Grupo 3	16.351,85
Grupo 4	17.878,96
Grupo 5	19.930,43
Grupo 6	22.930,19
Grupo 7	27.276,58
Grupo 8	33.854,90

II.—Incremento Salarial año 2006.

Habiéndose constatado que la inflación prevista por el Gobierno para el año 2006 es del 2 por 100, de acuerdo con lo establecido en el artículo 33.II.c) del XIV Convenio General de la Industria Química, procede un incremento salarial para 2006 del 2,5 por 100 (2% + 0,5%) sobre la Masa Salarial Bruta de 2005, una vez aplicada la revisión de 2005.

En consecuencia, se acuerda proceder al incremento salarial de 2006, con carácter retroactivo al 1 de enero de 2006, aplicando un incremento del 2,5 por 100 sobre la Masa Salarial Bruta de 2005, depurada y homogeneizada, según el procedimiento establecido en el artículo 33 del vigente Convenio.

De conformidad con el mismo precepto del Convenio, del porcentaje de incremento a aplicar sobre la Masa Salarial Bruta del año 2005 (2,5%), se reservará un 0,5% destinado a los siguientes conceptos:

- a) Nuevas Antigüedades.
- b) Complemento de Puesto de Trabajo.
- c) Ajuste de Abanicos Salariales dentro del mismo Grupo Profesional y entre los distintos Grupos Profesionales.

En cuanto a las tablas de Salarios Mínimos Garantizados de los artículos 32 y 44 del Convenio, de conformidad con lo dispuesto en su artículo 31, procede incrementarlas en un 2,5% (2% + 0,5%).

En cuanto a las tablas de pluses y dietas de los artículos 40 y 48 procede incrementarlas en igual porcentaje, es decir, en un 2,5%.

Y así, las tablas del año 2006, quedan como a continuación se expone:

Artículo 32. *Tabla de salarios mínimos anuales por grupos profesionales para 2006.*

	Euros/año
Grupo 1	12.040,70
Grupo 2	12.883,53
Grupo 3	13.967,21
Grupo 4	15.532,51
Grupo 5	17.689,30
Grupo 6	20.710,01
Grupo 7	25.165,04
Grupo 8	31.907,82

**AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE**

6480

Viernes 17 febrero 2006

BOE núm. 41

Artículo 40. *Pluses para 2006.*

Bases:

	Euros/día
Grupo 1	20,96
Grupo 2	22,46
Grupo 3	24,32
Grupo 4	27,06
Grupo 5	30,82
Grupo 6	36,09
Grupo 7	43,86
Grupo 8	55,61

Plus mínimo nocturnidad:

	Euros noche completa
Nocturnidad	8,73

Artículo 44. *Tabla de salarios mínimos garantizados anuales para los trabajadores a turnos afectados por el artículo 44 para 2006.*

	Euros/año
Grupo 1	14.834,14
Grupo 2	15.676,98
Grupo 3	16.760,65
Grupo 4	18.325,93
Grupo 5	20.493,27
Grupo 6	23.503,44
Grupo 7	27.958,49
Grupo 8	34.701,27

Artículo 48. *Dietas para 2006.*

	Euros/día
Realizando una comida fuera	16,20
Realizando dos comidas fuera	32,35
Realizando dos comidas fuera y pernoctando fuera del domicilio	96,72
Kilometraje por utilización de vehículo propio	0,294

2853

RESOLUCIÓN de 7 de febrero de 2006, de la Dirección General de Trabajo, por la que se dispone la inscripción en el registro y publicación del Convenio colectivo de Hierros Ibáñez, S. A.

Visto el texto del Convenio Colectivo de la Empresa Hierros Ibáñez, S.A. (Código de Convenio n.º 9014012) que fue suscrito con fecha 10 de marzo de 2005 de una parte por los designados por la Dirección de la empresa en representación de la misma y de otra por los Delegados de personal en representación de los trabajadores y de conformidad con lo dispuesto en el artículo 90, apartado 2 y 3, del Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores y en el Real Decreto 1040/1981, de 22 de mayo, sobre registro y depósito de Convenios Colectivos de trabajo, esta Dirección General de Trabajo, resuelve:

Primero.—Ordenar la inscripción del citado Convenio Colectivo en el correspondiente Registro de este Centro Directivo, con notificación a la Comisión Negociadora.

Segundo.—Disponer su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 7 de febrero de 2006.—El Director General, Esteban Rodríguez Vera.

CONVENIO COLECTIVO DE HIERROS IBÁÑEZ, S. A.

CAPÍTULO PRIMERO

Disposiciones generales

Artículo 1. *Ámbito territorial.*

El presente Convenio será de aplicación para todas las Delegaciones y Sede Central que existen o puedan crearse en el futuro, en toda España de la empresa Hierros Ibáñez, S. A.

Artículo 2. *Ámbito funcional.*

El presente Convenio será de aplicación para todos los trabajadores por cuenta ajena de Hierros Ibáñez, S.A.

Artículo 3. *Ámbito personal.*

Se registrarán por las disposiciones de este Convenio todos los trabajadores comprendidos en su Ámbito funcional, con las excepciones del artículo 2.º del Estatuto de los Trabajadores, y del artículo 1.º, párrafo 3.

Artículo 4. *Ámbito temporal.*

El presente convenio entrará en vigor a todos los efectos el día 1 de enero de 2005, siendo su duración de seis años, finalizando su vigencia el 31 de diciembre de 2010. El presente convenio será denunciado, al menos con un mes de antelación a su vencimiento, por cualquiera de las partes. Si no se denunciara, se entenderá prorrogado por dos años más el articulado, salvo la tabla de retribución que sería renovada.

Artículo 5. *Compensación y absorción.*

Son absorbibles las mejoras que libremente tuvieran concedida la empresa a sus trabajadores con anterioridad a la vigencia del presente Convenio por cualquier concepto, así como los aumentos que se produzcan por disposición futura de obligado cumplimiento, si en el cómputo anual las percepciones por todos los conceptos de este Convenio superasen aquéllas.

CAPÍTULO SEGUNDO

Jornadas, horario de trabajo, vacaciones y horas extraordinarias

Artículo 6. *Jornada y horario de trabajo.*

La jornada de trabajo para el personal comprendido en el Ámbito de aplicación del presente Convenio será, de acuerdo con el convenio de cada provincia.

Dicha jornada se distribuirá de mutuo acuerdo entre empresa y trabajadores, respetándose en todo caso, el descanso mínimo semanal ininterrumpido, establecido por Ley, comprendiendo dicho descanso semanal el domingo completo y la tarde del sábado o la mañana del lunes.

Artículo 7. *Vacaciones.*

El personal comprendido en el presente Convenio disfrutará de un período anual de vacaciones de 31 días naturales, que serán distribuidas en dos períodos de al menos quince días, de forma rotatoria. Uno de ellos tendrá lugar necesariamente durante los meses de verano, y el resto a lo largo del año.

El personal que ingrese durante el año, tendrá derecho al disfrute de la parte proporcional de las vacaciones, según los días trabajados.

Artículo 8. *Horas extraordinarias.*

Podrán realizarse un máximo de 80 horas extraordinarias al año, que serán retribuidas con un incremento del 50 % con respecto a las horas normales. No se tendrán en cuenta, para el cómputo del número máximo de horas extraordinarias autorizadas, el exceso de las trabajadas para prevenir o reparar siniestros y otros daños extraordinarios y urgentes, sin perjuicio de su compensación económica como horas extraordinarias.

ANEXO 5:

CARACTERÍSTICAS PUENTE GRÚA 8 + 8 T

Pos 01.- Nave de Galvanizado

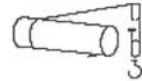
1 PUENTE GRUA DE DOS VIGAS, TIPO ZKKE DE 8 + 8 +(6+6) T X 22 M. DE LUZ

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Capacidad de carga de la grúa:	8.000+8.000	Kg.
Masa adicional uniforme en vigas pples.	4.000+4.000	Kg.
Estructura:	Según DIN 15018 H2 B3	
Luz (entre ejes del camino de rodadura)	22	m
Recorrido de gancho:	hasta 12m	
Determinado para servicio:	en nave	
Finales de carrera:	en todos los movimientos	
Anticolisión:	entre dos grúas y entre carros	
Pasarela y barandilla	sobre una de las vigas	

Mecanismo de elevación:

Carro:	2, Birrailes, especiales
Polipasto	2 DH 1040 H12 KV1 2/1 F6
Grupo FEM	M5
Limitador de carga	incluido
Dispositivo toma de carga	gancho simple DIN 15401



Mecanismo de traslación grúa:

Motorreductores:	2 x AME 50 ZBF 112 A 8/2
Diámetro ruedas / Distancia entre ejes:	315/3150 mm

Velocidades de trabajo y datos de los motores aproximados:

Elevación:	1,3 y 8	m/min.	1,7/11,1	Kw.	40	% ED
Traslación carro.	5 y 20	m/min.	0,2/0,8	Kw.	40	% ED
Traslación grúa:	10 y 40	m/min.	2x0,49/1,2	Kw.	40	% ED

Mando: A distancia, mediante radio control y por botonera desplazable independiente del movimiento del carro, para casos de emergencia.

Tensión de servicio: 400 V 50 Hz. Tensión de mando: 48 V 50 Hz.

Además de lo indicado para este Puente Grúa se ha previsto:

- Colocación de costillas en almas de vigas, distanciadas 1 m. para soportar estructura de 8 t de peso.
- Dispositivo de paso de velocidad rápida a lenta y posterior parada, en cada una de las cubas existentes en la nave, con anulación de este mediante un pulsador dispuesto en el mando.
- Granallado de soldaduras de vigas principales.

1 Puente Grúa tipo ZKKE de 8+8 + (6+6) t x 22 m. de luz

1 Carro Tomacorriente

Transporte y montaje llave en mano:

ANEXO 6:

**ESPEORES DE RECUBRIMIENTOS
GALVANIZADOS
SEGÚN LA NORMA UNE EN ISO 1461:1999**

Los espesores mínimos exigibles a los recubrimientos galvanizados, vendrán determinados por la norma UNE EN ISO 1461 “Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero – Especificaciones y métodos de ensayo”. Dichos valores han sido recogidos en la siguiente tabla y se encuentran en relación con el espesor del acero base.

Espesor de la pieza	Valor local mínimo (µm)	Valor medio mínimo (µm)
Acero > 6 mm	70	85
Acero > 3 mm hasta < 6 mm	55	70
Acero > 1,5 mm hasta < 3 mm	45	55
Acero < 1,5 mm	35	45
Piezas moldeadas >6 mm	70	80
Piezas moldeadas < 6 mm	60	70

ANEXO 7:

**NÚMERO DE ÁREAS A INSPECCIONAR SEGÚN LA
NORMA UNE EN ISO 1461:1999**

Tamaño de la pieza	Número de áreas a inspeccionar
Superficie > 2 m ²	3
Superficie entre 100 cm ² – 2 m ²	2
Superficie entre 10 cm ² – 100 cm ²	1
Superficie < 10 cm ²	Se tomarán tantas piezas como sea necesarias para alcanzar una superficie total de al menos 10cm ²

ANEXO 8:

**NÚMERO DE ARTÍCULOS A INSPECCIONAR SEGÚN
LA NORMA UNE EN ISO 1461:1999**

Número de piezas del lote para inspección	Número mínimo de piezas de la muestra de control
1 a 3	Toda3s
4 a 500	3
501 a 1200	5
1201 a 3200	8
3201 a 10000	13
>10000	20

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES.....	269
1.1. OBJETIVOS.....	269
1.2. OBRAS OBJETO DEL PROYECTO.....	270
1.3. OTRAS INSTRUCCIONES, NORMAS Y DESCRIPCIONES APLICABLES.....	271
1.4. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.....	272
1.5. DIRECTOR DE LA OBRA.....	272
CAPÍTULO 2: CONDICIONES FACULTATIVAS.....	274
2.1. CONTRATO.....	274
2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.....	274
2.3. LIBRO DE ÓRDENES.....	275
2.4. CONTRAINDICACIONES, OMISIONES O ERRORES.....	275
2.5. TRABAJOS PREPARATORIOS.....	276
2.5.1. Comprobación del replanteo.....	276
2.5.2. Fijación de los puntos de replanteo.....	277
2.5.3. Programación de los trabajos.....	277

2.6. PLAZOS DE EJECUCIÓN.....	278
2.7. DESARROLLO Y CONTROL DE LOS TRABAJOS.....	278
2.7.1. Equipos de maquinaria.....	278
2.7.2. Ensayos.....	279
2.7.3. Materiales.....	280
2.7.4. Acopios.....	281
2.7.5. Trabajos nocturnos.....	283
2.7.6. Accidentes de trabajo.....	283
2.7.7. Descanso en días festivos.....	284
2.7.8. Trabajos defectuosos o no autorizados.....	284
2.7.9. Señalización de las obras.....	285
2.7.10. Precauciones espaciales.....	285
2.7.11. Personal técnico.....	286
2.8. MEDICIÓN DE OBRAS.....	287
2.9. CERTIFICACIONES.....	287
2.9.1. Precio unitario.....	287
2.9.2. Partidas alzadas.....	287
2.9.3. Instalaciones y equipos de maquinaria.....	287

2.10. LEGISLACIÓN SOCIAL.....	288
2.11. GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA.....	288
2.12. RECEPCIONES, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA	289
2.12.1. Revisión provisional.....	290
2.12.2. Plazo de garantía.....	290
2.12.3. Recepción definitiva.....	291
2.12.4. Prescripciones particulares.....	292
CAPÍTULO 3: CONDICIONES TÉCNICAS.....	292
3.1. CONDICIONES PARA LOS MATERIALES.....	292
CAPÍTULO 4: CONDICIONES LEGALES.....	295
4.1. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS.....	295
4.1.1. Mediciones y valoraciones.....	295
4.1.2. Condiciones económicas.....	295
4.1.3. Condiciones de índole legal.....	295
4.2. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	295
4.2.1. Ejecución en general.....	296

4.2.2. Replanteo.....	296
4.2.3. Orden de los trabajos.....	296
4.2.4. Marcha de las obras.....	297
4.2.5. Obra civil.....	297
4.2.6. Instalaciones varias.....	297
4.2.7. Responsabilidad de la contrata.....	297
4.2.8. Dirección de los trabajos.....	298
4.2.9. Legalización.....	298
CAPÍTULO 5: CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE....	298
5.1. PROTECCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIOS.....	299
5.2. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE.....	299
5.3. PRIMEROS AUXILIOS.....	300

CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES.

1.1. OBJETIVOS.

El objetivo del presente pliego de condiciones es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras a las que se refiere el proyecto del que forma parte: AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA EN CALIENTE EN DISCONTINUO. Se especificarán las condiciones facultativas, técnicas, económicas y de seguridad e higiene que se han de observar en la recepción, montaje y funcionamiento de la instalación proyectada, así como las condiciones generales que regirán en la ejecución de las obras definidas en este proyecto.

Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto. El pliego de condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

No se podrán alterar estas condiciones si no están aceptadas de forma escrita y autorizadas por la representación legal de la sociedad para la que se ha confeccionado el proyecto.

1.2. OBRAS OBJETO DEL PROYECTO.

Se consideran sujetas a este pliego todas las obras cuyas características, planos y presupuesto se adjuntan en las partes correspondientes del presente proyecto, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminadas las instalaciones con arreglo a los planos y documentos adjuntos.

Se entiende por obras accesorias, aquellas que por su naturaleza no puedan ser previstas en todos sus detalles, sino a medida que avanza la ejecución de los trabajos.

Las obras accesorias se realizarán según se vaya conociendo su necesidad. Cuando la importancia lo exija se construirán en base a los proyectos adicionales que se redacten. En los casos de menor importancia se llevarán a cabo conforme a la propuesta que formule el Director de Obra.

Las principales actuaciones a las que se refiere éste Proyecto, consisten fundamentalmente en la ejecución de los siguientes trabajos:

- ✓ Demoliciones de soleras existentes en la zona de actuación con carga sobre camión y transporte a vertedero autorizado de los escombros producido por estas demoliciones.
- ✓ Demoliciones parciales de cimentaciones en la zona de patio y transporte a vertedero autorizado de los escombros producido por estas demoliciones.
- ✓ Excavaciones tanto para conseguir la plataforma de trabajo como las cotas de cimentación de las nuevas zapatas, y hasta alcanzar la cota de apoyo. Parte de la sobre excavación realizada necesaria para conseguir los niveles deseados se rellenarán con hormigón en masa.

- ✓ Fabricación, suministro y montaje de estructura metálica soporte.
- ✓ Pintado de estructura metálica según Especificaciones de Proyecto.

1.3. OTRAS INSTRUCCIONES, NORMAS Y DESCRIPCIONES APLICABLES.

Además del presente Pliego de Condiciones, y subsidiariamente con respecto a él, será de aplicación la siguiente normativa:

- ✓ Instrucción de Hormigón Estructural EHE, (R.D. 2661/1998 de 11 de Diciembre de 1998)
- ✓ Norma Básica de la Edificación NBE-EA-95, “Estructuras de acero en la Edificación” (R.D. 1829/1995) de 10 de Nov. de 1995.
- ✓ Norma Básica de la Edificación del Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo NBE-AE-88 “Acciones en la Especificación”.
- ✓ Norma de construcción sismorresistente. Parte General y Edificación, NCSE-02.
- ✓ Real Decreto 1627/1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

1.4. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.

Los documentos que definen las obras son los que la propiedad entrega al contratista, y pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los planos, el pliego de condiciones y los cuadros de precios y presupuestos que se incluyan en el presente proyecto.

Cualquier cambio en el planteamiento de la obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la dirección para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

1.5. DIRECTOR DE LA OBRA.

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 estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.
- ✓ Definir aquellas condiciones técnicas que en el presente pliego de condiciones se dejen a su decisión.
- ✓ Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a la interpretación de los planos, condiciones de materiales y de

ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones de contrato.

✓ Estudiar las incidencias o problemas 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, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarias para la ejecución de las obras y ocupaciones de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.

✓ Asumir personalmente bajo su responsabilidad, en caso 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.

✓ Acreditar al contratista las obras realizadas conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.

✓ Participar en las recepciones provisionales y definitivas y redactar la liquidación de las obras conforma a las normas legales establecidas.

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

CAPÍTULO 2: CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1. CONTRATO.

Las instalaciones se contratarán totalmente terminadas y se ajustarán en todo momento a los planos recogidos en este proyecto.

A petición de cualquiera de las partes interesadas, se formalizará el contrato en la Escritura Pública. Los gastos que ocasione esta formalización correrán a cargo de la empresa constructora.

2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS DEL CONTRATISTA.

Las obligaciones del contratista son las siguientes:

- ✓ Conocer y cumplir la leyes.
- ✓ Conocer en su totalidad del contenido del proyecto.
- ✓ Poner los medios necesarios para la correcta ejecución del mismo.
- ✓ Cumplir con todas y cada una de las instrucciones indicadas en el Libro de Órdenes.
- ✓ No iniciar ninguna obra sin conocimiento y autoridad de la Dirección de Obra.

En cuanto a sus derechos aparecen los siguientes:

- ✓ Tener un ejemplar del proyecto completo.
- ✓ Recibir los suministros de la propiedad en forma y plazo.
- ✓ Recibir solución de problemas técnicos no previstos con prontitud.

2.3. LIBRO DE ÓRDENES.

El contratista dispondrá del Libro de Órdenes, en el que se anotarán las que el Ingeniero Director de la Obra precise dar en el transcurso de la misma.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho es tan obligatorio para el contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

2.4. CONTRADICCIONES, OMISIONES O ERRORES.

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

En todo caso, las contradicciones, omisiones o errores que se adviertan en estos documentos por el director o contratista deberán reflejarse en el acta de comprobación.

2.5. TRABAJOS PREPARATORIOS.

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

- ✓ Comprobación de replanteo.
- ✓ Fijación y conservación de los puntos de replanteo.
- ✓ Programación de los trabajos.

2.5.1. 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 conformación 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.

2.5.2. Fijación de los puntos de replanteo.

La comprobación 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 detalles y de otros elementos que puedan estimarse precisos.

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

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

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

2.5.3. Programación de los trabajos.

En el plazo que se determine en días hábiles a partir de la aprobación del acta de comprobación del replanteo, el adjudicatario presentará el programa de trabajos de las obras. Dicho programa de trabajo incluirá los siguientes datos:

- ✓ Fijación de las clases de obras y trabajos que integran el proyecto e indicación de las mismas.

- ✓ Determinación de los medios necesarios (instalaciones, equipos y materiales).
- ✓ Valoración mensual y acumulada de la obra, programada sobre la base de los precios unitarios de adjudicación.
- ✓ Representación gráfica de las diversas actividades en un gráfico de barras o en un diagrama espacio –tiempo.

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

2.6. 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 dicha acta.

2.7. DESARROLLO Y CONTROL DE LOS TRABAJOS.

Para el mejor desarrollo y control de los trabajos, el adjudicatario seguirá las normas que se indican en los apartados siguientes.

2.7.1. Equipos de maquinaria.

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

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 deban utilizarse. No podrán retirarse sin el consentimiento del director.

2.7.2. 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 con arreglo a las normas afectantes 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, tolerancias y geométrico en general, así como el de calidad, mediante ensayos materiales, densidades de compactación, etc. Se entiende que 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, mediante su personal facultativo para el caso, haya hecho sus propias comprobaciones y ensayos y se haya asegurado de cumplir las especificaciones.

Así, el contratista está obligado a disponer de los equipos necesarios para dichas mediciones y ensayos.

2.7.3. Materiales.

Todos los materiales que se utilicen en las obras deberán cumplir las condiciones que se establecen en el pliego de condiciones, pudiendo ser rechazados en caso contrario por el ingeniero director. Por ello, todos los materiales que se propongan ser utilizados en obra deben 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 prescripciones técnicas, los materiales requeridos para la ejecución del contrato serán fijados por el contratista de las fuentes de suministro que éste estime oportuno.

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

El no rechazo de un material no implica su aceptación. El no rechazo o 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 eventual 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.

2.7.3.1. Manipulación de materiales.

Todos los materiales se manipularán con cuidado, y de tal modo que se mantengan su calidad y aptitud para la obra.

2.7.3.2. Inspección de la planta.

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.

2.7.3.3. Inspección de los materiales.

Con objeto de facilitar la inspección y prueba de los materiales, el contratista notificará al ingeniero con dos semanas como mínimo de antelación a la entrega.

2.7.3.4. Materiales defectuosos.

Todos los materiales que no se ajusten a los requisitos del pliego de condiciones se considerarán defectuosos y, por tanto, se retirarán inmediatamente del lugar de la 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.

2.7.4. Acopios.

Quedará terminantemente prohibido, salvo autorización escrita del director, efectuar acopio de materiales, cualesquiera que sea su naturaleza,

sobre la plataforma de obra y en aquellas zonas marginales que defina el director.

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

- ✓ 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 casetas de operación, puntos de reunión para estados de emergencia y puntos de situación de extintores.
- ✓ Calles y vías de circulación interior, tanto de la zona de construcción, como de áreas de procesos 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 en 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 de ello se deriven correrán por cuenta del contratista.

2.7.5. Trabajos nocturnos.

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

2.7.6. Accidentes de trabajo.

De conformidad con lo establecido en el artículo 71 del Reglamento de la Ley de Accidentes de Trabajo, el contratista está obligado a contratar, para su personal, el seguro contra riesgo por accidentes de trabajo.

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

No obstante, en aquellos casos en que el contratista o la dirección consideren que se deben tomar disposiciones adicionales de seguridad, podrán tomarse éstas sin reserva alguna.

Por otra parte, el contratista será responsable de suministrar al personal a su cargo los equipos necesarios para que éste trabaje en las condiciones de seguridad adecuadas, tales como cascos, caretas, botas reforzadas, gafas de protección, etc.

Asimismo, serán responsabilidad del contratista los posibles daños causados en las instalaciones, tanto terminadas o aún en construcción, ocasionados por personas ajenas a la obra dentro del horario establecido de trabajo, así como de los accidentes personales que puedan ocurrir.

2.7.7. 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 los que fuera necesario trabajar en dichos días, se procederá como indican las citadas disposiciones.

2.7.8. Trabajos defectuosos o no autorizados.

Los trabajos defectuosos no serán de abono, debiendo ser demolidos por el contratista y reconstruidos en el plazo de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

Si alguna obra no se hallase ejecutada 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 estime, salvo en el caso de que el adjudicatario opte por la demolición a su costa y las rehaga de acuerdo a las condiciones del contrato.

2.7.9. Señalización de las 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.

2.7.10. Precauciones especiales.

2.7.10.1. Lluvias

Durante las fases de construcción, montaje e instalación de obras y equipos, estos se mantendrán en todo momento en perfectas condiciones de drenaje. Las cunetas y demás desagües se mantendrán de modo tal 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.

2.7.10.2. Incendios.

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

En todo caso adoptará las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios, 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, el contratista podrá exigir el asesoramiento de un técnico de seguridad competente, elegido por la dirección, en todos los casos en los que lo estime conveniente, y, particularmente, en aquellos en los que el riesgo de producción de incendio sea más elevado (soldadura, corte con soplete, etc.).

2.7.11. 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 en la licitación. A pie de las 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.

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 su cargo.

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.

2.8. MEDICIÓN DE OBRAS.

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 de 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. Si la medición no se efectuó a su debido tiempo, serán de cuenta del contratista las operaciones para llevarlas a cabo.

2.9. CERTIFICACIONES.

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

2.9.1. 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, mano de obra, materiales y medios auxiliares de cada unidad de obra, siempre que expresamente no se indique lo contrario en este pliego de prescripciones técnicas.

2.9.2. 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.

2.9.3. Instalaciones y equipos de maquinaria.

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

2.10. LEGISLACIÓN SOCIAL.

El contratista estará obligado al cumplimiento de lo establecido en la Ley sobre el Contrato del Trabajo y Reglamentaciones de Trabajo Reguladoras de Subsidio y Seguros Sociales vigentes.

2.11. GASTOS DE CUENTA DEL CONTRATISTA.

Serán de cuenta del contratista, siempre que en el contrato no se prevea explícitamente lo contrario, los siguientes gastos:

- ✓ Los gastos de construcción y retirada de toda clase de construcciones auxiliares.
- ✓ Los gastos de alquiler o adquisición de terreno para depósito de maquinaria y materiales.

- ✓ Los gastos de protección de acopios y de la propia obra contra todo deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes.
- ✓ Los gastos de limpieza y evacuación de desperdicios de basuras.
- ✓ 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 montaje, conservación y retirada de instalaciones para el suministro del agua y la energía eléctrica necesaria para las obras.
- ✓ Los gastos de demolición y desmontaje de las instalaciones provisionales.
- ✓ Los gastos de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

2.12. RECEPCIONES, GARANTÍAS Y OBLIGACIONES 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, garantías y obligaciones del contratista serán las siguientes:

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

2.12.1. 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 todos los equipos auxiliares.
- ✓ Prueba hidrostática de las áreas que así lo requieran.
- ✓ Lavado del equipo.
- ✓ 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 o poco convenientes, el contratista deberá reparar o sustituir, a su costa, dichas partes o elementos no satisfactorios.

2.12.2. Plazo de garantía.

Será de un año, contando a partir de la fecha de recepción provisional, salvo indicación contraria expresa en el pliego de contratación de la obra. Durante dicho periodo, las posibles obras de reparación, conservación y sustitución serán por cuenta del contratista, siendo este responsable de las faltas que puedan existir.

En caso de existir defectos o imperfecciones, 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.

2.12.3. 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 de 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 e acta correspondiente.

2.12.4. Prescripciones particulares.

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

CAPITULO 3: CONDICIONES TÉCNICAS

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.

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.

✓ Cemento. Será de la clase especificada en la documentación técnica de la obra, que habrá sido elegida de acuerdo con el Pliego de Condiciones Generales para la recepción de Conglomerados Hidráulicos RC-97. Si en algún caso faltase la especificación de la clase de cemento a emplear, el Ingeniero Director de la obra decidirá el tipo y clase de cemento.

✓ Arena y Grava.. Se cumplirá con lo especificado en la EHE. Cuando el contenido en arcilla, materia orgánica o partículas blandas sea superior a lo permitido en dichas normas, se ordenará un lavado enérgico de los áridos, el cual deberá hacerse en cribas lavadoras u otros dispositivos previamente aprobados por la Dirección Facultativa.

✓ Cales. Las cales que se utilicen para la confección de los morteros, cumplirán con lo especificado en la norma UNE 41.076. Los fabricantes indicaran el tipo de cal que suministrarán.

✓ Aditivos. Condiciones Generales de Uso: El constructor para conseguir la modificación favorable de una o mas condiciones del hormigón, puede proponer el uso de un aditivo no especificado en las Especificaciones Técnicas de Obra, indicando la proporción y las condiciones de empleo.

✓ Aceros para Armar y en estructura metálica de nave. Las armaduras pasivas para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras corrugadas. Barras corrugadas, a los efectos de esta Instrucción, son las que cumplen los requisitos técnicos establecidos en la UNE 36068:94, y entre ellos: Presentan, en el ensayo de adherencia por flexión descrito en UNE 36740:98 “Determinación de la adherencia de las barras y alambres de acero para hormigón armado. Ensayo de la viga
- Mallas electrosoldadas. Mallas electrosoldadas, a los efectos de esta Instrucción, son aquellas que cumplen los requisitos técnicos prescritos en la UNE 36092:96. Se entiende por malla electrosoldada la fabricada con barras corrugadas que cumplen lo especificado o con alambres coarrugados que cumplen las condiciones de adherencia especificadas y lo especificado en la tabla
- Armaduras básicas electrosoldadas en celosía. Son aquellas que cumplen los requisitos técnicos prescritos en la UNE 36739:95 EX. La armadura básica electrosoldada en celosía es un producto formado por un sistema de elementos (barras o alambres), con una estructura espacial y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso automático.

CAPÍTULO 4: CONDICIONES LEGALES.

4.1. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS.

4.1.1. 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.

4.1.2. Condiciones económicas.

Las condiciones especiales que regirán esta obra para la liquidación y abono de la misma serán establecidas por la entidad contratante.

4.1.3. Condiciones de índole legal.

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

4.2. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

4.2.1. Ejecución en general.

El contratista tiene 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.

4.2.2. 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, pueda el contratista 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.

4.2.3. Orden de los trabajos.

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.

4.2.4. Marcha de las obras.

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.

4.2.5. Obra civil.

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

4.2.6. 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.

4.2.7. 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.

4.2.8. 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.

4.2.9. 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 éstos ocasionen correrán por cuenta de la contrata.

CAPÍTULO 5: CONDICIONES DE 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.

5.1. PROTECCIÓN Y LUCHA CONTRA INCENDIOS.

Deberán seguirse las pautas impuestas por la fábrica en la que serían instalados los equipos objeto del presente proyecto. Como medidas muy generales para la protección contra incendios cabe mencionar las siguientes:

- ✓ Los equipos de lucha contra incendio, tales como extintores, vapor de ahogo y líneas de agua deberán estar instalados y dispuestos para su inmediato acceso.
- ✓ Los trabajos de soldadura en la zona requieren la toma de medidas extremas de precaución. En algunos casos, se deberá parar la unidad, vaciar los recipientes y vaporizar el equipo correspondiente. De ningún modo podrá un hombre entrar en un recipiente sin antes haber sido aislado con bridas ciegas, vaporizado, aireado, y expedida la autorización para entrada por seguridad.

5.2. ACTUACIÓN EN CASO DE ACCIDENTE.

Las actuaciones recomendadas en caso de accidente, en función de la naturaleza de éste son:

- ✓ Derrame o fuga: el personal que se encuentre en dicha situación deberá situarse de espaldas al viento para evitar la inhalación de vapores. Asimismo, habrá de intentarse cortar la fuga sin arriesgarse y lavar con agua. Si la fuga es grande, habrá que inundar la zona con espuma, diluir los vapores con agua pulverizada y enviar ésta a tratamiento.

✓ Incendio: el personal de seguridad de la fábrica, o en su defecto el personal que trabaje en la unidad, habrá de tratar de extinguir el fuego utilizando polvo seco, agua pulverizada o espuma. Asimismo, habrá de utilizar equipo de respiración autónomo.

5.3. PRIMEROS AUXILIOS.

En caso de que alguna persona se vea afectada por alguno de los riesgos que conlleva el manejo de los productos que se manipulan en la instalación considerada, deberá, ya sea por sí sola o con ayuda de otras personas, poner en práctica la correspondiente actuación de entre las siguientes recomendadas:

- ✓ Ojos: se recomienda lavar con abundante agua durante 15 minutos.
- ✓ Piel: Se recomienda quitar la ropa impregnada y lavar la piel con abundante agua y jabón.
- ✓ Inhalación: se recomienda trasladar a la persona afectada a una zona aireada, administrar respiración artificial si procede y acudir al médico.
- ✓ Ingestión: se recomienda no provocar el vómito y acudir inmediatamente al médico.

ÍNDICE PRESUPUESTO

1. INTRODUCCIÓN.....	303
2. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.....	303
2.1. Presupuesto zona Cuelgue / Descuelgue....	304
2.2. Presupuesto zona Baños.....	310
2.3. Presupuesto total inversión.....	311
3. COSTE HONORARIOS DEL PROYECTISTA.....	312

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento es presentar una valoración aproximada de cuál sería la inversión necesaria para la ejecución material del proyecto “Modificación de una planta galvanizadora en caliente en discontinuo”.

Para llevar a cabo este documento nos basaremos en las conclusiones obtenidas los apartados 8.4.2. “*Modificación del número de puestos de trabajo a tres turnos*” y 8.5.2. “*Modificación de los baños a tres turnos*” de la memoria descriptiva donde se valoraba la opción de trabajar a tres turnos como la más económica.

La elección de trabajar a tres turnos trae consigo una serie de modificaciones que son las que van a constituir la base del presupuesto y que han sido perfectamente descritas en los apartados anteriormente citados.

Teniendo en cuenta que la planta galvanizadora cuenta con dos áreas perfectamente definidas: la zona de baños y la zona de cuelgue-descuelgue; de igual modo dividiremos el presupuesto de inversión en dos partes:

- Presupuesto zona Cuelgue / Descuelgue.
- Presupuesto zona de Baños

2. PRESUPUESTO DE INVERSIÓN

En este apartado analizamos los costes relacionados a las modificaciones necesarias para conseguir aumentar la producción hasta 360 Toneladas / día.

2.1. PRESUPUESTO ZONA CUELGUE/ DESCUELGUE

En este apartado se estudió como influenciaba este cambio de producción en el número de operarios y puestos de trabajo. También se tuvo en cuenta los gastos derivados de trabajar a 24 horas como son los correspondientes a un mayor consumo de electricidad y de gas natural, utilizado en el horno. Se llegó a las siguientes conclusiones:

- Contratación de 34 hombres.
- Extras por nocturnidad.
- Compra de una pareja de elevadores.
- Aumento del gasto de electricidad.
- Aumento del gasto de gas natural.

En dicho apartado no se tuvo en cuenta las reformas generadas por la instalación de los nuevos elevadores por lo que se analizarán a continuación y se añadirán como un nuevo coste.

Contratación de 34 hombres

Haciendo uso del documento ubicado en los anexos de la memoria *Anexo 4 "XIV Convenio Colectivo General de la industria química"* referente a la revisión salarial del colectivo de la Industria Química por el que se fija la tabla de salarios mínimos anuales por grupos profesionales calcularemos el coste que supone la contratación de nuevo personal.

El personal que necesitamos serán operarios de planta sin excesiva cualificación por lo que pertenecerán al grupo 1 que supone 11747,02 € / años tal que:

$$\text{Coste} = 34 \text{ operarios} \times 11747,02 \text{ € / año} \cdot \text{operario} = 399398,68 \text{ € / año}$$

Extras por nocturnidad

Tomando de nuevo como referencia el documento ubicado en los anexos de la memoria Anexo 4 "XIV Convenio Colectivo General de la industria química" se establece por nocturnidad un extra de 8,52 € / noche. De tal manera que aplicaremos este coste a un único turno formado, como vimos en el apartado 8.3.2. Modificación del nº de operarios a tres turnos", por 30 hombres:

$$\begin{aligned} \text{Coste} &= 30 \text{ hombres} \times 8,52 \text{ € / noche} \cdot \text{hombre} \times 230 \text{ noches laborables / año} \\ &= 58788 \text{ € / año} \end{aligned}$$

Compra de 2 elevadores

El objeto de los elevadores será el de acoger las perchas para su elevación a la altura idónea para el cuelgue de las piezas y para su posterior descuelgue.

Cada estación estará prevista para una carga de 5 Tm con un alto de apoyo regulable desde 1.800 hasta 3100 mm. (útil). Serán necesarios dos motores por estación de 4 Kw con motorreductor W11OU1/10Pam 100.

Como puede apreciarse en el *plano 4 " Elevador"* adjunto en el proyecto la tecnología pertenece a un grupo italiano que presupuesta cada elevador en 14000 € /elevador, (bombas e instalación incluidos en el precio) por lo que nuestro presupuesto ascenderá hasta:.

Coste elevadores = 28000€

Reformas para la instalación de los elevadores

Como hemos explicado antes, en el apartado 8.4.2. *"Modificación del número de puestos de trabajo a tres turnos"* no se evaluó el coste de las posibles obras y reformas que habría que realizar al añadir los nuevos elevadores. Como ahora ya no se trata de una estimación sino de un presupuesto real tendremos en cuenta el coste de dichas reformas.

Una de las posibles soluciones sería disminuir las distancias entre elevadores para dar cabida a los nuevos pero esto supondría realizar un gran número de reformas; disminuir la capacidad de movimiento de las carretillas con las posibles consecuencias de atropello de personas, caída de material...

Otra solución sería el trasladar la zona de reparación a una pequeña nave contigua a la nave de cuelgue / descuelgue y situar en su lugar los nuevos elevadores. Esta solución sería la más idónea porque conseguimos por una parte limitar físicamente la zona de reparación; y por otra no será

necesario realizar elevadas reformas. Por lo tanto dividiríamos el presupuesto en la construcción de un taller y en la instalación de los elevadores.

Construcción del taller

- Construcción de un taller de dimensiones 14,5 x 8 x 6 metros cuyo presupuesto ascenderá a 35000 € .
- Contrato de horas extras del personal de la planta para la elaboración de la obra cuya duración se estima en 100 horas. Será necesario la presencia de al menos seis operarios y un jefe de obra. El coste de las horas extras asciende a 8 € / h para los operarios y a 20 € / h para el jefe de obra. El coste del personal equivaldrá a 6800 € .
- Coste total de la construcción del taller = 41800 €

Instalación de los elevadores

- El presupuesto de la instalación propiamente dicha viene implícito en el coste de los elevadores así como las posibles reformas que hubiese que realizar para su montaje.

Gastos de Electricidad

Teniendo en cuenta el histórico de facturación de electricidad de la planta y que ésta siempre ha tenido las luces encendidas por la noche por la existencia de un turno especial que se ocupa de trabajos de mantenimiento, podremos no tener en cuenta la nocturnidad y estimar el coste del aumento de electricidad como el valor medio facturado en un turno.

Si el gasto medio ha sido de 5800 € / mes trabajando a dos turnos, un solo turno equivaldría a 2900 € /mes, por lo tanto si tomamos este valor para estimar el gasto adicional que traería consigo trabajar a tres turnos, tendríamos que para un año :

Coste Aumento de electricidad = 34800 € /año

Gastos de Gas Natural

Seguiremos el mismo procedimiento que en el apartado anterior de electricidad. Teniendo en cuenta el histórico de consumo del gas, un mes de trabajo en el horno a dos turnos supondrá 16700 € /mes , por lo que un turno equivaldrá a 8350 € / mes. Por lo tanto podríamos estimar el gasto adicional de gas por trabajar a tres turnos como el equivalente a un turno de trabajo. Al año esto supondrá un coste de:

Coste Aumento del consumo de Gas = 100200 € /año

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

Presupuesto total zona Cuelque / Descuelque

CONCEPTO	COSTE ANUAL
Contratación de 34 hombres	399398 €
Extras por nocturnidad	58788 €
Compra de 2 elevadores de 5 Ton	28000 €
Reformas para la instalación de los elevadores	41800 €
Aumento de Electricidad	34800 €
Aumento del Gas Natural	100200 €
Presupuesto Total	662986 €

2.2. PRESUPUESTO ZONA DE BAÑOS

Siguiendo las conclusiones obtenidas en el apartado 8.5.2. “*Modificación de los baños a tres turnos*” el presupuesto derivado de la zona de baños / crisol vendrá representado por la siguiente modificación:

- Reducir los tiempos en los baños

Reducir los tiempos en los baños

Tras analizar, en el 8.5.2. “*Modificación de los baños a tres turnos*”, las posibles modificaciones a realizar para lograr que el aumento de la producción fuese soportado por la capacidad de los baños; se optó por elegir la reducción de los tiempos de inmersión ya que suponía un menor coste y también una mejora para el proceso porque se conseguiría optimizar los baños.

Esta reducción se llevará a cabo a través de la contratación de un laboratorio externo para el control y mantenimiento de los baños.

En el caso de trabajar a dos turnos también se necesitaba la contratación de un laboratorio pero el control debía de ser muy exhaustivo para lograr mantener los tiempos de inmersión lo más bajos posible. En este caso no será necesario un control tan completo por lo que se diferenciarán en la temporalidad de los análisis tal que el desengrase se realizará cada dos semanas al igual que el flux y el decapado y pasivado mensualmente, por lo que el presupuesto será:

- Coste del control del baño de desengrase: 75,35€
- Coste del control del baño de decapado: $75,35 \times 3 = 226,05 \text{ €}$

AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA
EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE

- Coste del baño de flux: 97,10 €.
- Coste del baño de pasivado: 74,20 €

Coste total Laboratorio = $75 \times 2 + 226 \times 1 + 97 \times 2 + 74 = 644 \text{ € / mes}$

Coste reducir tiempos baños = Coste laboratorio = 7728 € / año

CONCEPTO	COSTE ANUAL
Coste reducir el tiempo en los baños	7728 €
Presupuesto Total	7728 €

2.3. PRESUPUESTO TOTAL INVERSIÓN

CONCEPTO	COSTE ANUAL
Presupuesto modificaciones Cuelgue / Descuelgue	665786 €
Presupuesto modificaciones Baños	7728 €
Presupuesto total de inversión	673514 €

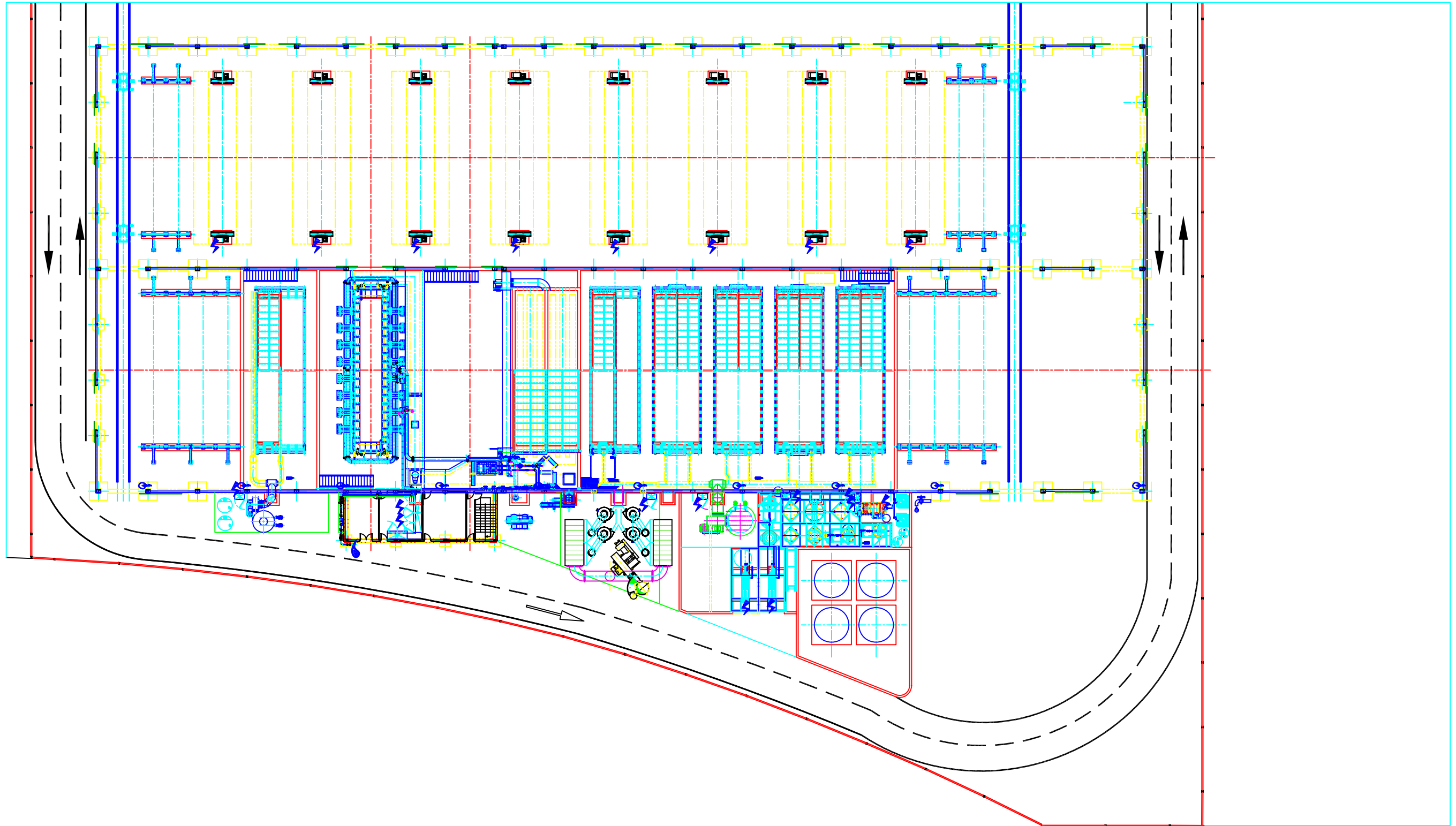
3. COSTE HONORARIOS PROYECTISTA

Para la realización de este proyecto se han necesitado aproximadamente 500 horas, suponiendo el coste de los honorarios del proyectista a 30 € / hora obtendremos lo siguiente:

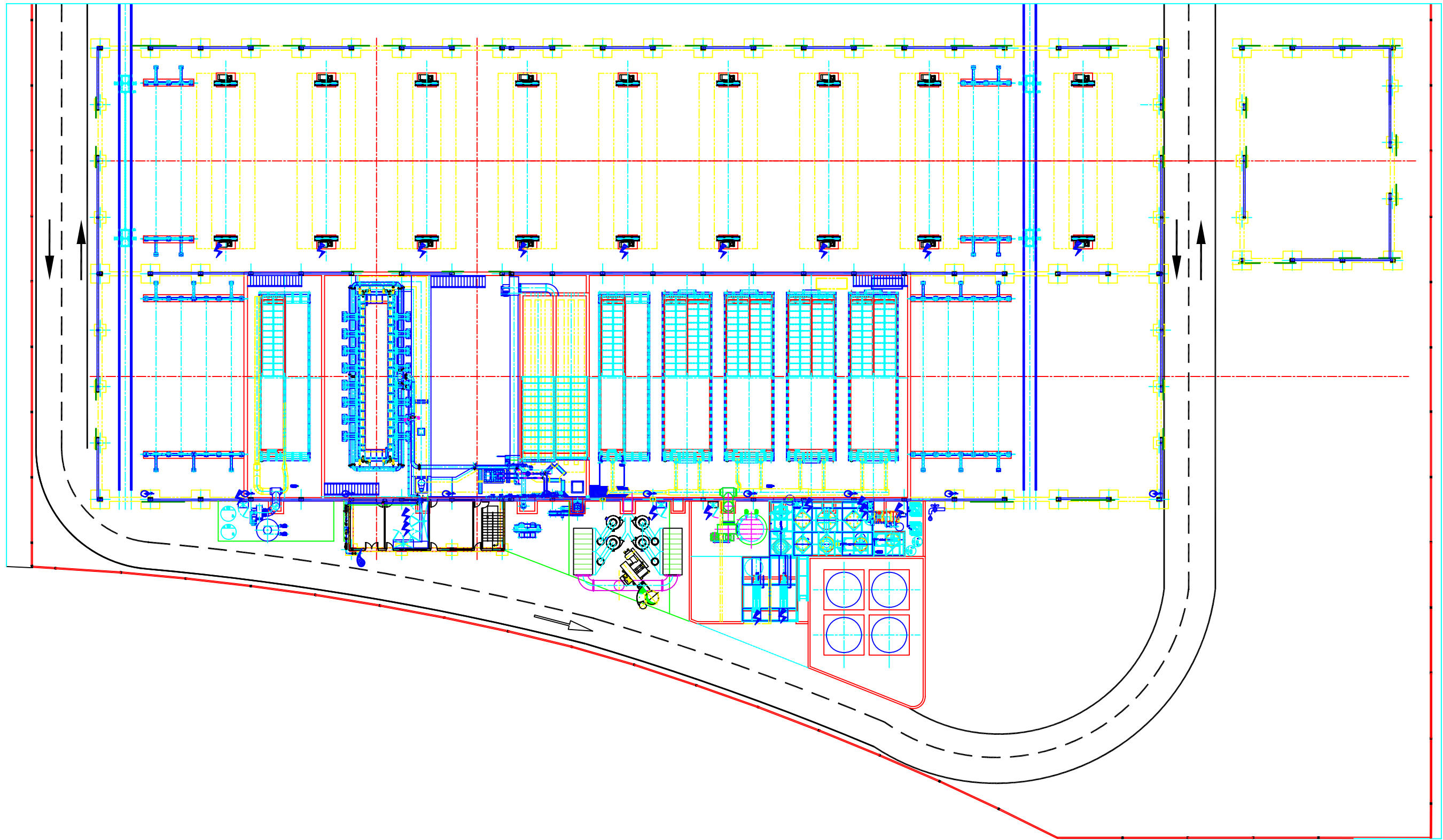
$$\text{Coste proyectista} = 500 \text{ horas} \times 30 \text{ € / hora} = 15000 \text{ €}$$

ÍNDICE PLANOS

- **PLANO Nº1: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**
- **PLANO Nº2: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA TRAS LA MODIFICACIÓN**
- **PLANO Nº3: PERCHA**
- **PLANO Nº4: ELEVADOR**

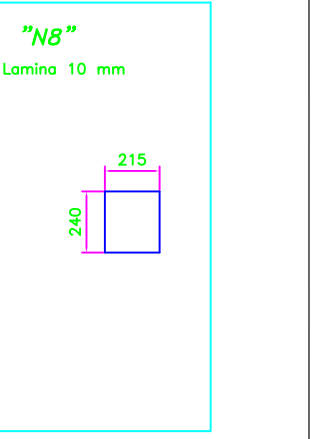
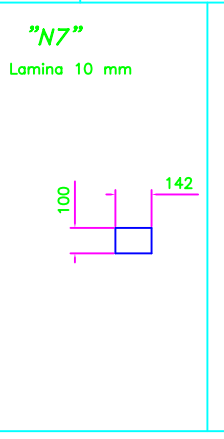
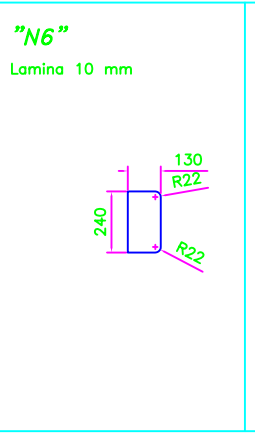
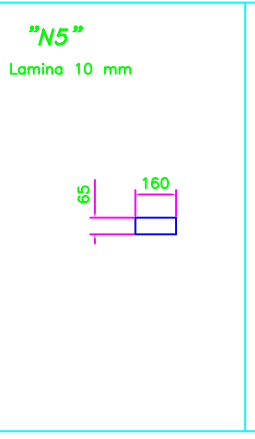
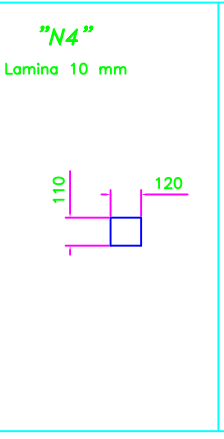
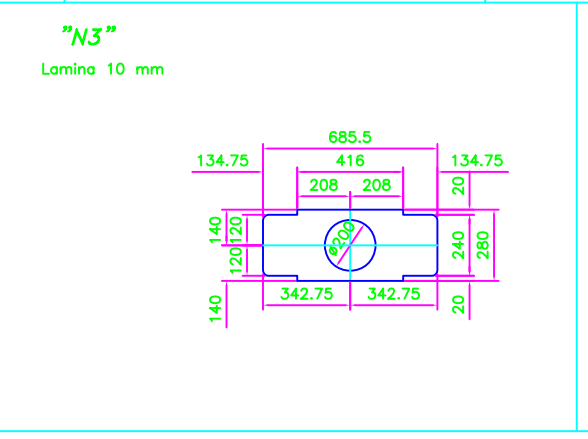
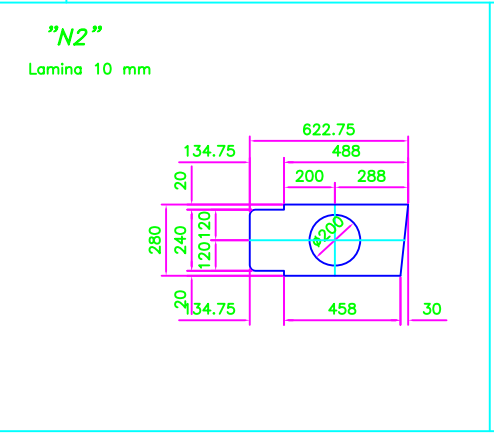
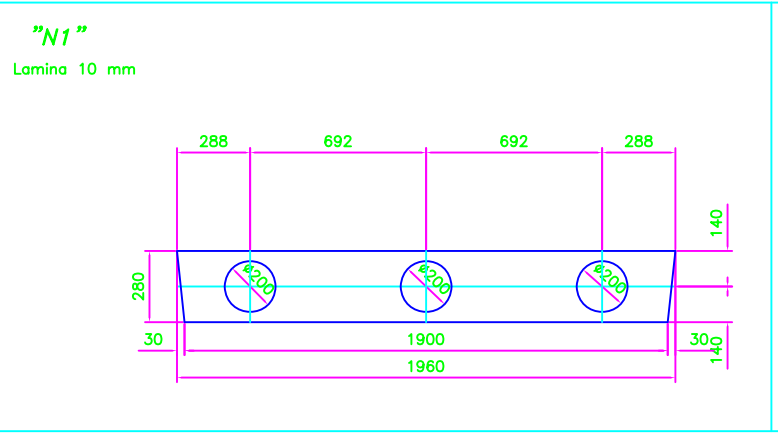
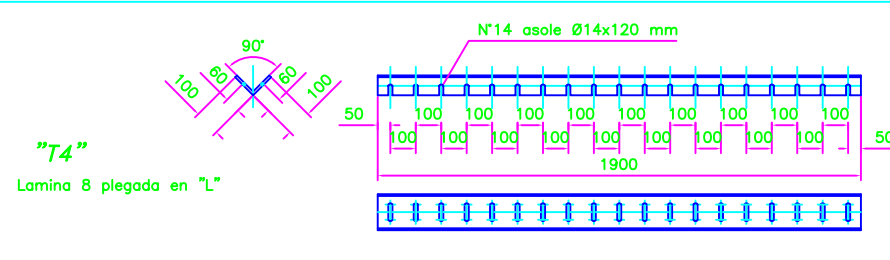
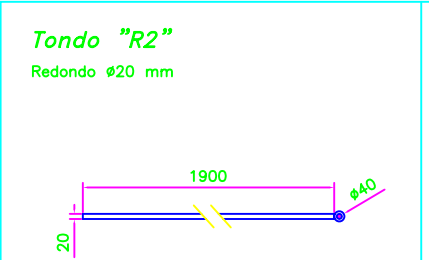
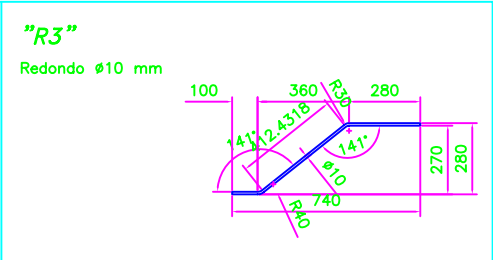
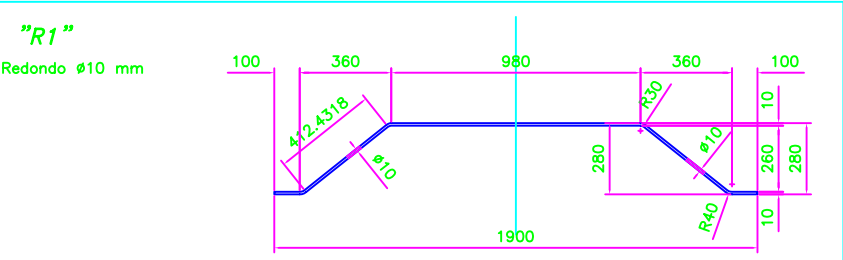
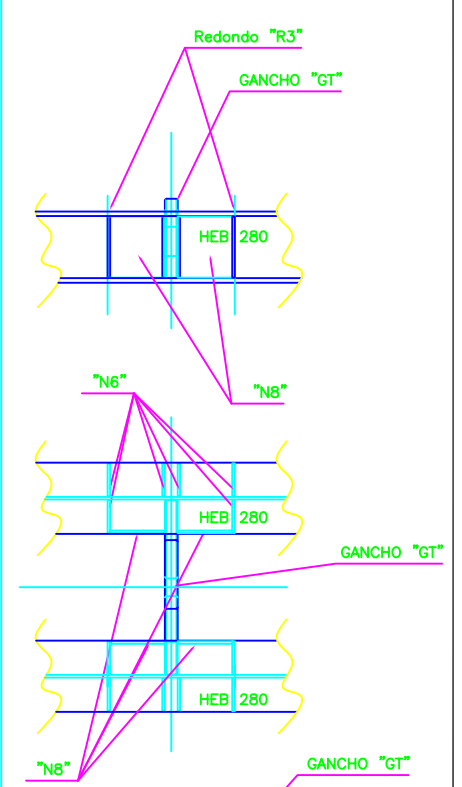
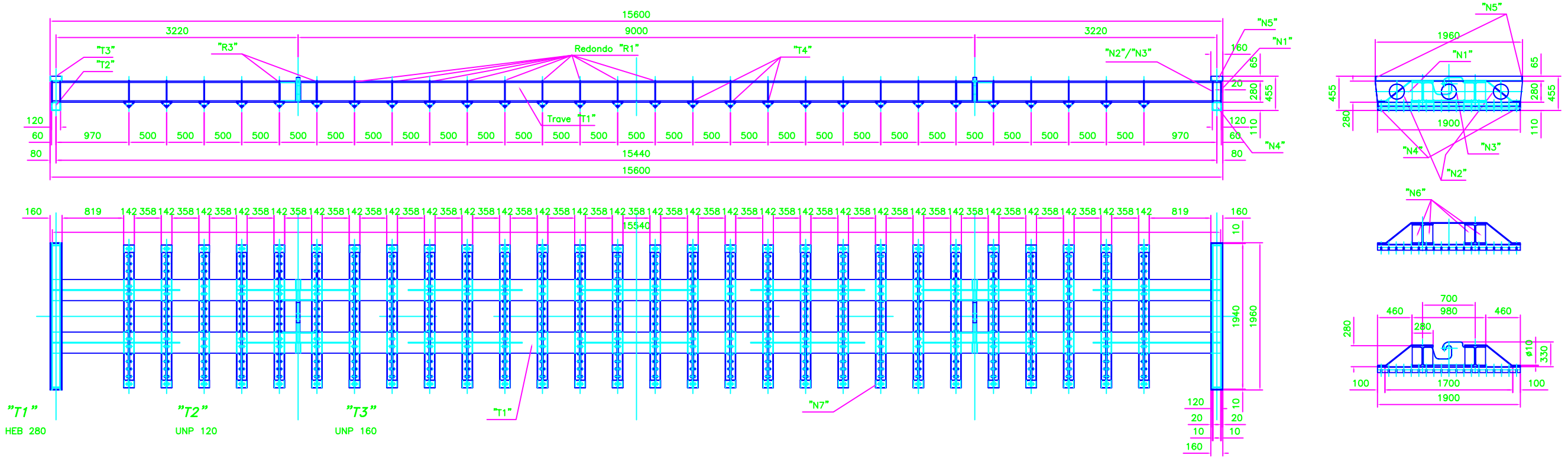


Proyecto: AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	Centro: FACULTAD DE CIENCIAS Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA	Alumna: M ^a DEL PILAR COIRAS MANCERA
Plano de: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	Plano N°: 1	Fecha: JUNIO 2006

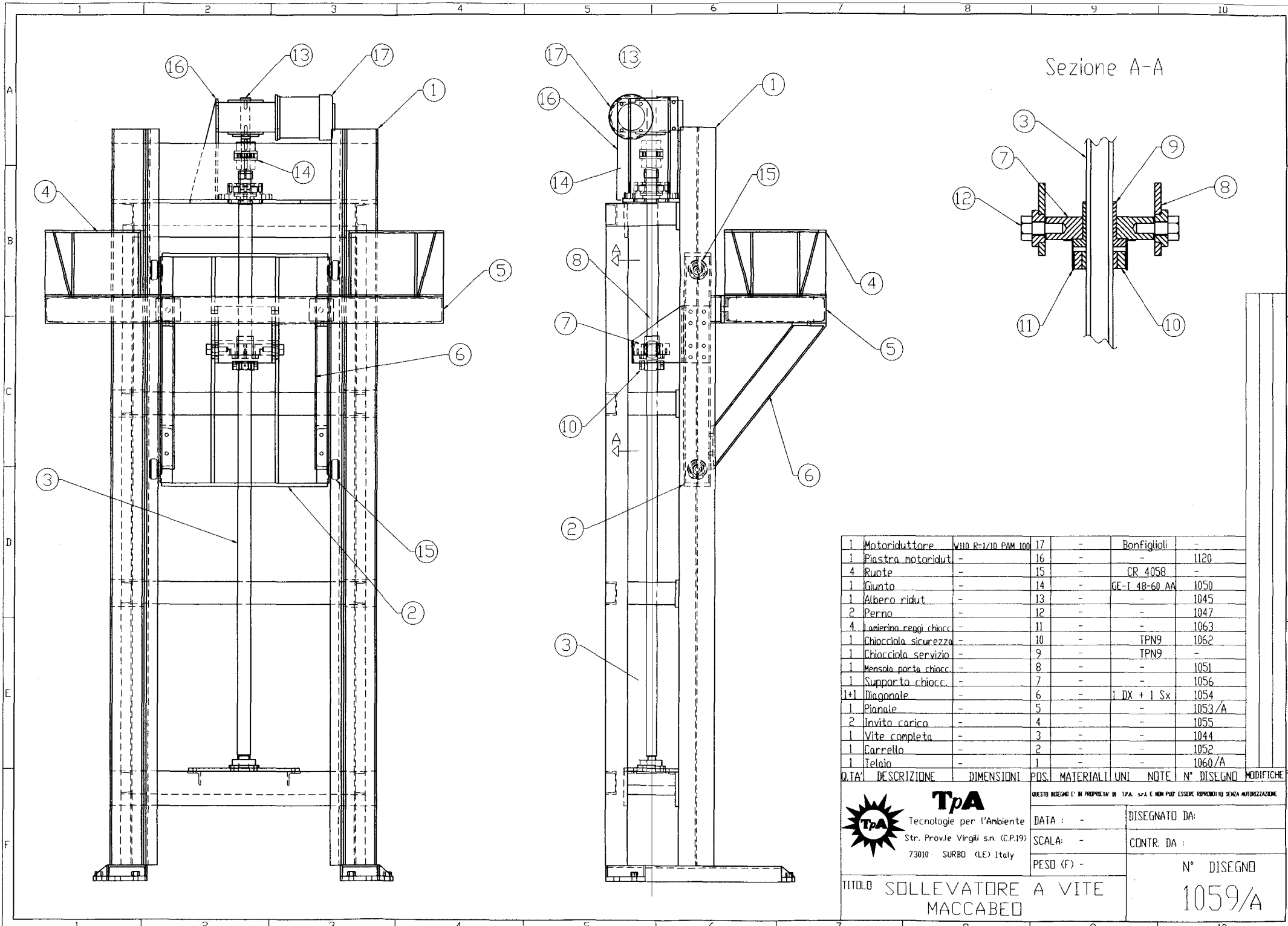


Proyecto: AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	Centro: FACULTAD DE CIENCIAS Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA	Alumna: M ^a DEL PILAR COIRAS MANCERA
Plano de: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA TRAS LA AMPLIACIÓN	Plano N ^o : 2	Fecha: JUNIO 2006

PERCHA



Proyecto: AMPLIACIÓN DE UNA PLANTA GALVANIZADORA EN DISCONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE	Centro: FACULTAD DE CIENCIAS Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA	Alumna: M ^º DEL PILAR COIRAS MANCERA
Plano de: PERCHA	Plano N ^º : 3	Fecha: JUNIO 2006



Sezione A-A

1	Motoriduttore	V110 R=1/10 PAM 100	17	-	Bonfiglioli	-
1	Piastra motoridut	-	16	-	-	1120
4	Ruote	-	15	-	CR 4058	-
1	Giunto	-	14	-	GE-T 48-60 AA	1050
1	Albero ridut	-	13	-	-	1045
2	Perno	-	12	-	-	1047
4	Lamierina reggi chiocc	-	11	-	-	1063
1	Chiocciola sicurezza	-	10	-	TPN9	1062
1	Chiocciola servizio	-	9	-	TPN9	-
1	Mensola porta chiocc	-	8	-	-	1051
1	Supporto chiocc	-	7	-	-	1056
1+1	Diagonale	-	6	-	1 DX + 1 Sx	1054
1	Pinnale	-	5	-	-	1053/A
2	Invitto carico	-	4	-	-	1055
1	Vite completa	-	3	-	-	1044
1	Carrello	-	2	-	-	1052
1	Telaio	-	1	-	-	1060/A

Q.TA' DESCRIZIONE DIMENSIONI PDS. MATERIALI UNI NOTE N° DISEGNO MODIFICHE

TpA
 Tecnologie per l'Ambiente
 Str. Provale Virgili s.n. (C.P.19)
 73010 SURBO (LE) Italy

QUESTO DISEGNO E' IN PROPRIETA' DI TPA S.p.A. E NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO SENZA AUTORIZZAZIONE

DATA : -
 SCALA: -
 PESO (F) -

DISEGNATO DA:
 CONTR. DA:

TITOLO SOLLEVATORE A VITE
 MACCABED

N° DISEGNO
 1059/A

RESUMEN

En las últimas décadas, el interés prestado tanto a la comprensión de los mecanismos por los que transcurre la corrosión, como al desarrollo de procedimientos de prevención y control ha crecido considerablemente, por varias razones:

- el creciente empleo, tanto en cantidad como en diversidad, de metales y aleaciones metálicas;
- la aparición de aplicaciones donde los metales se ven sometidos a condiciones ambientales particularmente agresivas (construcción de dispositivos aeronáuticos y aeroespaciales, tuberías de conducción de petróleo, etc.);
- la existencia de ambientes más corrosivos debido a un aumento en los niveles de contaminación del mar y de la atmósfera;

Hoy en día existen infinidad de mecanismos de protección contra la corrosión pero uno de los más solicitados es la galvanización por su elevada eficacia.

Esta eficacia se obtiene gracias a la multitud de propiedades que aporta los recubrimientos de zinc a los metales a proteger: fiabilidad, dureza, fácil de pintar... De entre todas podríamos destacar la elevada duración de la protección, hasta 100 años en atmósferas urbanas con un espesor de recubrimiento de 80 micras.

Debido a este aumento progresivo de la necesidad de galvanizar los materiales surge la idea de realizar este proyecto "Ampliación de una planta galvanizadora por inmersión en caliente en discontinuo" para dar respuesta a la elevada demanda existente.

Para ello el objetivo a alcanzar se basa en realizar las modificaciones que fuesen necesarias para conseguir duplicar la producción de una planta galvanizadora con vistas al crecimiento de la demanda de estos servicios de protección contra la corrosión. Se pretende pasar de 180 toneladas / día a 360 toneladas / día.

El proyecto ha sido estructurado en cuatro documentos:

El documento 1 “**MEMORIA**” consta en primer lugar de una memoria descriptiva en la cual se tratan aspectos como: objeto y justificación del proyecto y características de la obra. A continuación se desglosan cada una de las modificaciones aptas para alcanzar el objetivo planteado.

Para la elaboración de esta memoria descriptiva se han utilizado otros documentos como serían la memoria de cálculo y los anexos a la memoria, los cuales nos ayudan a justificar las decisiones tomadas durante la elaboración de este documento.

En la memoria descriptiva comenzamos haciendo referencia a los antecedentes que dan lugar a la ejecución de esta obra. Como bien se ha explicado en la pequeña introducción al comienzo de este resumen, la causa de que se necesite ampliar la planta galvanizadora, es el aumento de la corrosión, por los diversos factores anteriormente mencionados, que genera mayor demanda de métodos de protección, lo cual nos llevaría a un aumento de la producción.

En este apartado se describe todo el proceso de la galvanización desde las condiciones necesarias del material para ser galvanizado hasta los

requisitos exigidos por la norma para este material tras ser galvanizado. Se expone cada una de las partes que constituye dicho proceso así como una serie de condiciones exigidas al cliente para asegurar la seguridad de los empleados y la obtención de un recubrimiento galvanizado de calidad.

Tras desarrollar una serie de apartados necesarios para conocer el proceso de la galvanización se inicia un estudio de las variables que afectan a dicho proceso para poder llegar a modificarlas con el fin de alcanzar el objetivo establecido.

Una vez analizadas, y en base a ellas, se desarrollarán diversas modificaciones que afectan a una sola variable, a una combinación de dos variables... Estas variables serán tiempo en crisol, capacidad del horno, número de operarios, número de puestos de trabajo, número de baños de desengrase y decapado, número de turnos...

Para establecer un criterio de rechazo será necesario realizar un estudio económico para ver la viabilidad de las modificaciones propuesta de tal manera que se consiga llegar a aquella modificación o modificaciones que cumplan con el objetivo de la forma más rentable posible.

Antes de finalizar este documento se hace imprescindible elaborar una serie de apartados enfocados a la calidad del galvanizado, a la seguridad en el proceso y a la gestión de residuos del mismo.

En el apartado de calidad se desarrolla una guía la cual se ofrece como una ayuda para comprender y actuar antes posibles desviaciones en la calidad del producto.

Respecto a la seguridad del proceso se hace hincapié en aquellos aspectos que habían sido sometido a análisis durante la elaboración de las modificaciones más adecuadas ya que realizar un tratamiento de seguridad e higiene a una planta galvanizadora equivaldría a la realización de otro proyecto.

Para asegurar que el proceso cumple con el medio ambiente se describen cada unos de los equipos utilizados para minimizar la contaminación y gestionar los residuos producidos durante el proceso.

Para finalizar este documento se incluye la bibliografía utilizada para la elaboración del proyecto.

El **documento 2: “PLIEGO DE CONDICIONES”** tiene como objetivo definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras a las que se refiere el proyecto del que forma parte. Se especificarán las condiciones facultativas, técnicas, económicas y de seguridad e higiene que se han de observar en la recepción, montaje y funcionamiento de la instalación proyectada, así como las condiciones generales que regirán en la ejecución de las obras definidas en este proyecto.

Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto.

El pliego de condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

Para la elaboración del **documento 3: “PRESUPUESTO”** se ha optado por basarnos en las conclusiones obtenidas en el documento de la memoria donde tras analizar cada una de las posibles modificaciones se llegaba a una situación económicamente rentable. Se ha ampliado este estudio con los costes referentes a la realización de reformas y obras en la planta.

El **documento 4: “PLANOS”**, consta de cuatro planos, en los cuales se pueden contemplar las instalaciones con las que cuenta la planta así como otro plano donde se descubre las modificaciones realizadas.

Para facilitar la comprensión de estudio realizado se muestran dos planos más donde aparecen dos de los equipos más imprescindibles para el desarrollo del proceso.

