



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

# Estudio de la contaminación higiénica que conlleva el tratamiento superficial en soportes metálicos destinados a herrajes de apertura y cierre de puertas

**Titulación:** Ingeniería Técnica Industrial,  
especialidad en Mecánica

**Alumna:** Cristina Castillo Murcia

**Director:** Antonio José Martínez García

Cartagena, 6 de Julio de 2012

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN A LA HIGIENE INDUSTRIAL.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 2. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
2.1. OBJETO DEL PROYECTO .....	16
2.2. GALVANIZADO .....	17
2.3. ¿QUÉ ASPECTO PRESENTA LA SUPERFICIE GALVANIZADA? .....	18
2.4. VENTAJAS DE GALVANIZAR.....	19
2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	20
2.5.1. GALVANIZADO EN CALIENTE .....	20
2.5.1.1. PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.....	20
2.5.1.2. DESENGRASE ALCALINO.....	21
2.5.1.3. LAVADO O ENJUAGUE.....	21
2.5.1.4. DECAPADO O BAÑO ÁCIDO.....	22
2.5.1.4.1. COMPOSICIÓN DEL HERRÍN.....	22
2.5.1.4.2. ÁCIDOS USADOS.....	23
2.5.1.4.3. LAVADO O ENJUAGUE.....	30
2.5.1.4.4. MORDENTADO.....	31
2.5.2. BAÑO DE ZINC O GALVANIZADO.....	31
2.5.2.1. LAVADO.....	32
2.5.3. PASIVADO.....	32
2.5.4. INSPECCIÓN.....	33
<b>CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DE RIESGOS.....</b>	<b>34</b>
3.1. EVALUACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS.....	35
3.1.1. LEGISLACIÓN Y NORMAS UTILIZADAS.....	35
3.2. DEFINICIONES IMPORTANTES.....	36
3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES.....	38

3.3.1. LIMPIEZA Y DESENGRASE.....	39
3.3.1.1. HIDRÓXIDO DE SODIO.....	39
3.3.2. DECAPADO.....	41
3.3.2.1. ACIDO CLORHÍDRICO.....	41
3.3.3. GALVANIZADO.....	44
3.3.3.1. ZINC.....	44
3.3.3.2. PLOMO .....	44
3.3.3.3. ALUMINIO.....	45
3.3.4. PASIVADO.....	46
3.3.4.1. ACIDO NÍTRICO.....	46
3.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DE ENFERMEDADES.....	48
3.5. TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES.....	49
3.5.1. ÁCIDO NÍTRICO.....	50
3.5.2. PLOMO .....	52
3.5.3. ALUMINIO.....	53
3.5.4. ZINC.....	55
3.5.5. ÁCIDO CLORHÍDRICO.....	56
3.5.6. HIDRÓXIDO DE SODIO.....	60
3.6. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO.....	63
3.6.1. DESENGRASE ALCALINO.....	64
3.6.2. DECAPADO.....	65
3.6.3. BAÑO DE ZINC (GALVANIZADO).....	66
3.6.4. PASIVADO.....	67
3.6.5. OTRAS ETAPAS DEL PROCESO.....	68
3.7. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS.....	68

3.7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES MÉTODOS DE MUESTRA UTILIZADOS.....	68
3.7.1.1. DETERMINACIÓN DE METALES Y SUS COMPUESTOS IÓNICOS EN AIRE.....	68
3.7.1.2. DETERMINACIÓN DE METALES Y SUS COMPONENTES IÓNICOS EN AIRE.....	69
3.7.1.3. DETERMINACIÓN DEL PLOMO EN ORINA.....	69
3.7.1.4. DETERMINACIÓN DEL PLOMO EN SANGRE.....	69
3.7.1.5. DETERMINACIÓN DEL HIDRÓXIDO SÓDICO EN AIRE.....	69
3.7.2. DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS ANALÍTICAS UTILIZADAS.....	70
3.7.2.1. CROMATOGRAFÍA IÓNICA.....	70
3.7.2.2. ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	73
3.8. ESTRATEGIA DE MUESTREO.....	75
3.8.1. SISTEMA DE DECISIÓN DE UN NÚMERO DE MUESTRAS.....	76
3.9. APARATOS Y MATERIAL EMPLEADO EN LOS MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA.....	76
3.9.1. CROMATOGRAFÍA IÓNICA. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRA MTA/MA-019/A90.....	77
3.9.2. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRA MTA/MA-025/A92.....	77
3.9.3. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRA MTA/MB-018/A94.....	78
3.9.4. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRA MTA/MB-013/A987.....	79
3.9.5. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRA MTA/MB-012/A987.....	79
3.9.6. ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA. SEGÚN NORMA HA-218, DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE HIDRÓXIDO SÓDICO.....	79
3.10. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS.....	81
3.11. CÁLCULOS DE EXPOSICIONES DIARIAS.....	87
3.11.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN LOS CÁLCULOS.....	87

3.11.2. CÁLCULOS REALIZADOS .....	88
3.11.3. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE CONCENTRACIONES Y EXPOSICIÓN DIARIA DE LOS CONTAMINANTES.....	89
3.11.4. EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMISIBLE Y COMPARACIÓN CON VLA.....	97
3.11.4.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMISIBLE.....	97
3.11.4.2. CONCLUSIONES DE LA EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMITIDA.....	99
3.11.4.2. RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS DE EXPOSICIÓN MÁXIMA PERMITIDA.....	103
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN HIGIÉNICA.....</b>	<b>105</b>
4.1. ESTUDIO DEL ORIGEN DE LA SITUACIÓN DE RIESGO HIGIÉNICO POR EXPOSICIÓN A ÁCIDOS INORGÁNICOS.....	106
<b>CAPITULO 5. SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>108</b>
5.1. SOLUCIONES.....	109
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPANA DE EXTRACCIÓN LOCALIZA.....	109
5.3. DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA.....	111
5.4. RECOMENDACIONES.....	115
<b>CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>117</b>
<b>CAPÍTULO 7. ANEXOS.....</b>	<b>124</b>
ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	
ANEXO II. FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD	
ANEXO III. MÉTODO DE TOMA DE MUESTRAS.	



# **Capítulo 1. Introducción de la Higiene Industrial**

## 1.1. INTRODUCCIÓN

¿Qué es la Higiene Industrial?

*La higiene industrial* es la ciencia de la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con él y que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo también en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general. Existen diferentes definiciones de la higiene industrial, aunque todas ellas tienen esencialmente el mismo significado y se orientan al mismo objetivo fundamental de proteger y promover la salud de los trabajadores así como el medio ambiente a través de la adopción de medidas preventivas en el lugar de trabajo.

El trabajo es esencial para la vida, el desarrollo y la satisfacción personal. Por desgracia, actividades indispensables, como la producción de alimentos, la extracción de materias primas, la fabricación de bienes, la producción de energía y la prestación de servicios implican procesos, operaciones y materiales que, en mayor o menor medida, crean riesgos para la salud de los trabajadores, las comunidades vecinas y el medio ambiente en general. No obstante, la generación y la emisión de agentes nocivos en el medio ambiente de trabajo pueden prevenirse mediante intervenciones adecuadas para controlar los riesgos, que no sólo protegen la salud de los trabajadores, sino que reducen también los daños al medio ambiente que suelen ir asociados a la industrialización. Si se elimina una sustancia química nociva de un proceso de trabajo, dejará de afectar a los trabajadores y tampoco contaminará el medio ambiente.

La profesión que se dedica específicamente a la prevención y control de los riesgos originados por los procesos de trabajo es la *higiene industrial*. Los objetivos de la higiene industrial son la protección y promoción de la salud de los trabajadores, la protección del medio ambiente y la contribución a un desarrollo seguro y sostenible.

La mayoría de las enfermedades no presenta síntomas evidentes hasta pasar mucho tiempo, incluso años. Por ello, es fundamental abordar el problema desde una posición preventiva, ya que es el único modo de conseguir que el trabajador al finalizar su vida laboral esté en las mismas condiciones saludables que al empezarla.



La necesidad de la higiene industrial para proteger la salud de los trabajadores no debe subestimarse. Incluso cuando se puede diagnosticar y tratar una enfermedad profesional, no podrá evitarse que ésta se repita en el futuro si no cesa la exposición al agente. Mientras no se modifique un medio ambiente de trabajo insano, seguirá teniendo el potencial de dañar la salud. Sólo si se controlan los riesgos para la salud podrá romperse el círculo vicioso que se ilustra en la Figura 1.

Sin embargo, las acciones preventivas deben iniciarse mucho antes, no sólo antes de que se manifieste cualquier daño para la salud, sino, incluso antes de que se produzca la exposición. El medio ambiente de trabajo debe someterse a una vigilancia continua para que sea posible detectar, eliminar y controlar los agentes y factores peligrosos antes de que causen un efecto nocivo; ésta es la función de la higiene industrial.

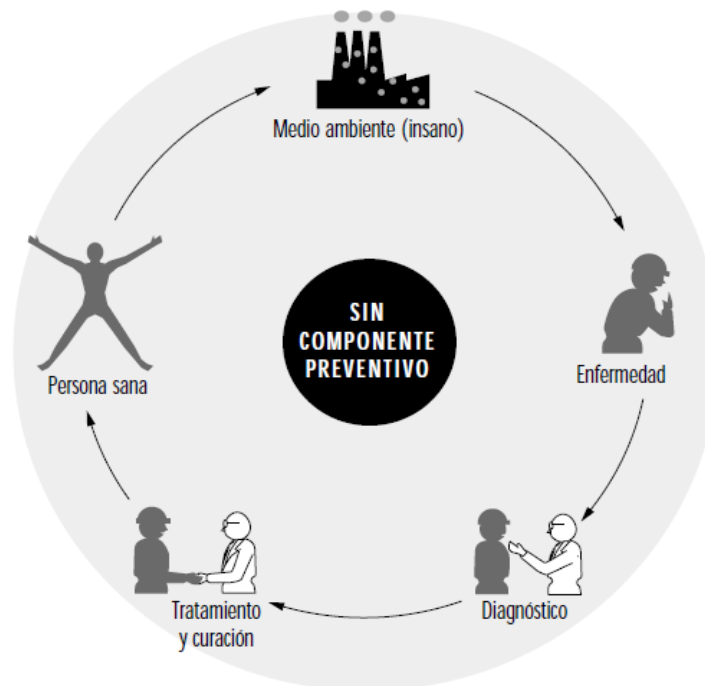


Figura 1.1. Interacciones entre las personas y el medio ambiente

Evidentemente, no todos los puestos de trabajo tienen riesgo desde el punto de vista higiénico. Dependerá de si existen contaminantes en el lugar de trabajo.

### Identificación de los elementos

Los tres tipos de agentes nocivos que nos podemos encontrar en una evaluación son los siguientes y pueden afectar a un trabajador son:



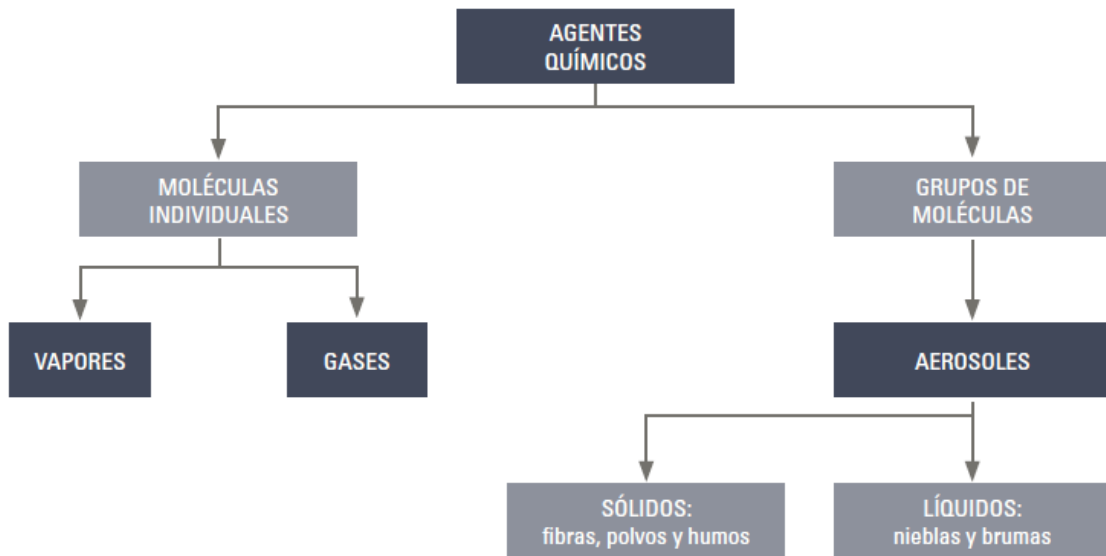
- **Contaminantes biológicos**, se tratan de aquellos seres vivos que pueden producir efectos nocivos en el organismo del trabajador, dando lugar a enfermedades de tipo infeccioso o parasitario en el organismo.

GRUPO	RIESGO DE INFECCIÓN	Propagación de la colectividad	Tratamiento eficaz
<b>Grupo I</b>	Es poco probable que cause una enfermedad en el hombre	No	Innecesario
<b>Grupo II</b>	Puede causar una enfermedad en el hombre y suponer un peligro para los trabajadores	Poco probable	Generalmente Existe
<b>Grupo III</b>	Puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores	Probable	Generalmente Existe
<b>Grupo IV</b>	Puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores	Muy probable	Generalmente no existe o no se conoce

- **Contaminantes Físicos**, Son formas de energía que pueden afectar al trabajador. Se dividen en:  
 Energía Térmica → Calor o frío  
 Energía mecánica → Ruido y vibraciones  
 Energía electromagnéticas → Son las radiaciones. Rayos X, partículas gamma, partículas alfa, láser.
- **Contaminantes químicos**, Es aquel contaminante formado por materia inerte (no viva), en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gaseoso), cuya presencia en el ambiente de trabajo puede generar un riesgo para la salud

de los trabajadores, debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en la que se utilizan o se encuentran presentes. Son los más importantes desde el punto de vista numérico en el mundo laboral, dado su gran uso en la industria.

Teniendo en cuenta su forma de presentarse en el ambiente de trabajo, podemos distinguir:



Estos últimos contaminantes serán a los que hagamos referencia a partir de ahora en este proyecto, debido a su peligrosidad laboral.

Los Factores a considerar en estudios de higiene industrial en el trabajo serán los siguientes:

- La cantidad de agente contaminante que tenemos en el ambiente, si dicha concentración de este, se encuentra por debajo de unos valores límites, no habrá peligro durante su jornada laboral.
- Tiempo de exposición; a mayor tiempo más riesgo.
- Las características individuales de cada trabajador. El contaminante no actúa por igual a todos, ya que pueden existir personas sensibles a determinadas sustancias.
- En el caso de que hubiera varios agentes contaminantes el riesgo es mayor.

Este trabajo es llevado a cabo por *El técnico en higiene Industrial ó Higienista industrial* encargado de realizar las mediciones oportunas del medio ambiente en el lugar de trabajo.

Las funciones a resaltar por un higienista industrial son:

- Prever los riesgos para la salud que pueden originarse como resultado de procesos de trabajo, operaciones y equipos y, en consecuencia, asesorar sobre su planificación y diseño.
- Identificar y conocer, en el medio ambiente de trabajo, la presencia de agentes químicos, físicos, biológicos y otros factores de riesgo.
- Conocer las posibles vías de entrada de agentes en el organismo humano y los efectos que esos agentes y otros factores pueden tener en la salud.
- Evaluar la exposición de los trabajadores a agentes nocivos y valorar sus resultados.
- Evaluar los procesos y los métodos de trabajo, desde el punto de vista de la posible generación y emisión de agentes y otros factores potencialmente nocivos, con objeto de eliminar la exposición o reducirla a niveles aceptables.
- Identificar los agentes y factores que pueden tener un impacto medioambiental y comprender la necesidad de integrar la práctica de la higiene industrial con la protección del medio ambiente.

Debe tenerse en cuenta que una profesión no sólo consiste en un conjunto de conocimientos, sino también en un código de ética; las asociaciones nacionales de higienistas industriales, así como la Asociación Internacional para la Higiene Industria (AIHI), tienen sus propios códigos de ética (OMS 1992b). (1)(2)

## **1.2. EVALUACIONES DE LA HIGIENE INDUSTRIAL**

Las evaluaciones de higiene industrial se realizan para valorar la exposición de los trabajadores y para obtener información que permita diseñar o establecer la eficiencia de las medidas de control.

Es importante tener en cuenta que la evaluación de riesgos, no es un fin en sí misma, sino, que debe entenderse como parte de un procedimiento mucho más amplio que comienza en el momento en que se descubre que determinado agente, capaz de producir un daño para la salud, puede estar presente en el medio ambiente de trabajo, y concluye

con el control de ese agente para evitar que cause daños. La evaluación de riesgos facilita su prevención, pero en ningún caso la sustituye.

### **1.3. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN**

El objetivo de la evaluación de la exposición es determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición de los trabajadores a un agente.

El procedimiento más habitual para evaluar la exposición a contaminantes atmosféricos, consiste en evaluar la exposición a la inhalación, para lo cual es preciso determinar la concentración atmosférica del agente a la que están expuestos los trabajadores (o, en el caso de las partículas suspendidas en el aire, la concentración atmosférica de la fracción relevante, por ejemplo, la “fracción respirable”) y la duración de la exposición. No obstante, cuando existen otras vías distintas a la inhalación que contribuyen significativamente a la absorción de una sustancia química, puede emitirse un juicio erróneo si sólo se evalúa la exposición a la inhalación. En tales casos tiene que evaluarse la exposición total, y una herramienta muy útil para ello es el control biológico.

### **1.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

La fiabilidad de los resultados dependerá del coeficiente de variación del “sistema de medición” y del número de mediciones. Una vez lograda una fiabilidad aceptable en los resultados, el siguiente paso consiste en considerar las consecuencias de la exposición para la salud: ¿qué significa para la salud de los trabajadores expuestos ahora?, ¿en un futuro próximo?, ¿a lo largo de su vida profesional? ¿Tendrá repercusión en las futuras generaciones? El proceso de evaluación termina sólo cuando se interpretan los resultados de las mediciones a la vista de los datos (algunas veces llamados “datos sobre la evaluación de riesgos”) obtenidos de la toxicología experimental, estudios epidemiológicos y clínicos y, en algunos casos, ensayos clínicos. Debe aclararse que el término evaluación de riesgos se ha utilizado para hacer referencia a dos tipos de evaluaciones: la evaluación de la naturaleza y la magnitud del riesgo, unido a la exposición a sustancias químicas y otros agentes, en general, y la evaluación del riesgo para determinado trabajador o para un grupo concreto de trabajadores en un lugar de trabajo específico. En la práctica de la higiene industrial, los resultados de la evaluación

de la exposición suelen compararse con los límites de exposición profesional adoptados, cuya finalidad es ofrecer una orientación para evaluar los riesgos y establecer objetivos de control. Cuando la exposición supera esos límites, es preciso adoptar de inmediato una acción correctora, ya sea mejorando las medidas de control existentes o introduciendo nuevos controles.



Figura 1.2. Elementos de evaluación de Riesgos

## **Capítulo 2. Exposición del problema**

## 2.1. OBJETO DEL PROYECTO

En nuestra vida cotidiana seguro que todos los días abrimos y cerramos puertas con lo que conocemos coloquialmente como “pomo”. Este soporte metálico, antes de llegar a ser utilizado por nosotros, pasa por un gran proceso productivo que consta de varias etapas diferentes en las que intervienen agentes químicos para obtener el producto en las condiciones aptas para su uso.

En este proyecto vamos a estudiar la contaminación química derivada de los procesos productivos que conlleva el tratamiento superficial en soportes metálicos destinados a herrajes de apertura y cierre de puertas. En este proceso productivo aparecen varias etapas como el mecanizado y un proceso de tratamiento superficial. En ellos, el trabajador estará expuesto durante su turno de trabajo a todos los agentes químicos que intervengan en el proceso productivo. Nuestra función, será aplicar los términos definidos anteriormente de higiene industrial, para hacer una evaluación de los riesgos y poder proponer soluciones para evitar que dichos agentes sean un problema para la salud del trabajador y a su vez al medio ambiente.

Concretamente estudiaremos al trabajador durante su jornada laboral, donde se determinará las características del proceso y de su puesto de trabajo, evaluando la cantidad de agente contaminante que tenemos en el ambiente. Si dicha concentración de contaminante está por debajo de los valores límites admisibles no habrá peligro durante su jornada laboral, si no es así, habrá que valorar si pueden poner en peligro su salud dando lugar a la aparición de enfermedades graves o leves, dependiendo de la clase de contaminante y de la hipersensibilidad del trabajador a ese agente nocivo.

Es decir, estudiaremos valores de exposición profesional (límites admisibles), exposición laboral, concentración ambiental, y como responde el metabolismo a ese agente contaminante (Metabolitos).

Para poder hacer una evaluación de riesgos en este proceso productivo, hay que tener en cuenta que aparecen varias actividades de trabajo y en cada una de ellas, hay que estudiar las tareas a realizar y su tiempo estimado en llevarlas a cabo, además de su frecuencia a lo largo de la misma jornada laboral. También será importante donde se realizan, quien lo realiza, instalaciones y maquinaria.



Durante el tratamiento térmico al que se someten los herrajes metálicos, hay varios puestos de trabajo y en cada uno de ellos aparecen gran variedad de agentes nocivos que estudiaremos. Primeramente, veremos qué tipos de etapas intervienen y con que agentes, para posteriormente poder evaluar su concentración y toxicología.

Para llegar a este fin, pasamos a describir primeramente el proceso productivo. En él, prepararemos la superficie metálica según las especificaciones técnicas que hayamos obtenido en el departamento técnico de nuestra empresa. Existen dos tipos de métodos de fabricación para herrajes de puertas: recubrimiento por inmersión en caliente y electrocincado. En nuestro caso, para la obtención de las piezas metálicas, utilizaremos el recubrimiento por inmersión en caliente.

Pasamos a continuación a su descripción para posteriormente poderlo evaluar.

## **2.2. GALVANIZADO**

El proceso de revestimiento es conocido desde hace mucho. El zinc se usó con fines ornamentales. La primera aplicación práctica que se recuerda es la dada al comienzo del siglo XIX, con el recubrimiento de medallas mediante polvo de oro. La idea del recubrimiento metálico fue utilizada para combatir la corrosión, empleando metales nobles que protegen a los atacables; esto es lo que conocemos como galvanostegia.

La evolución de la galvanización siguió los pasos de la industria y con la creación de nuevas fuentes de energía eléctrica, fue posible ampliar los métodos de trabajo, llegándose primeramente al desengrasado, luego el decapado y recuperación de metales.

En este proceso se facilita protección contra la corrosión a estructuras de hierro y acero. Consiste en la inmersión de los elementos en un baño de metal fundido de zinc, garantizando que la superficie queda completamente cubierta y protegida de los efectos corrosivos del medio ambiente, gracias a la unión metalúrgica entre el zinc y el acero.

Se considera una solución rentable y efectiva desde el punto de vista de la vida útil de la pieza, costos, mantenimientos innecesarios, el grosor y la dureza del recubrimiento.

El acero desprotegido tiene un promedio de vida de tan solo dos años, antes de que queden afectadas su funcionalidad o su integridad estructural. En cambio, los

recubrimientos galvanizados obtenidos en las instalaciones de galvanización general, dura como mínimo quince años sin la necesidad de mantenimiento alguno, incluso en las peores condiciones atmosféricas.

El galvanizado puede ser, en caliente ó mecánico.

El cincado o galvanizado consiste en aplicar por vía eléctrica sobre la superficie de una pieza de hierro, convenientemente preparada, un recubrimiento de zinc. La diferencia es que, el cincado se realiza por vía eléctrica y el galvanizado se basa en la diferencia de potencial electroquímico entre el zinc y los demás metales. (8) (10)

### 2.3. ¿QUÉ ASPECTO PRESENTA LA SUPERFICIE GALVANIZADA?

El acero galvanizado es aquel que se obtiene de un proceso de recubrimiento de varias capas de la aleación de hierro y zinc. Por lo general se trata de tres capas de la aleación de hierro zinc que se diferencian por su estructura cristalográfica y distinto contenido en hierro.

Las que se denominan “gamma”, “delta” y “zeta”. Finalmente se aplica una última y cuarta capa externa que sólo contiene zinc, a la que se le llama “eta”, que se forma al solidificar el zinc arrastrado del baño y que confiere al recubrimiento su aspecto característico gris metálico brillante. Al ser recubrimientos obtenidos por inmersión en zinc fundido, cubren la totalidad de la superficie de las piezas, tanto las exteriores como las interiores de las partes huecas así como otras muchas áreas superficiales de las piezas que no son accesibles para otros métodos de protección

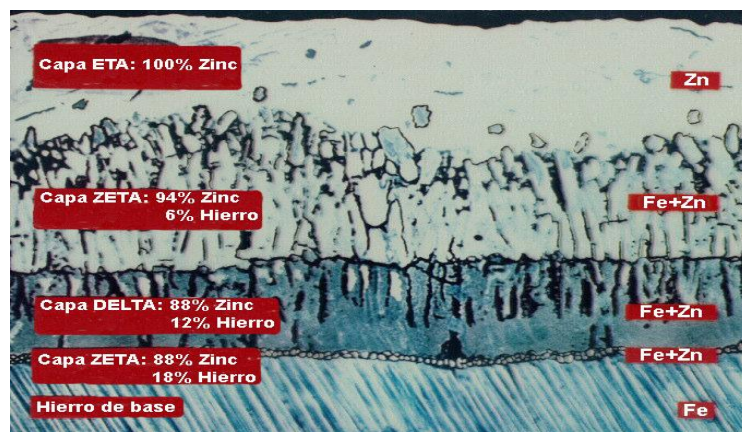


Figura 2.1 Distintas capas del acero

## 2.4. VENTAJAS DE GALVANIZAR

- Larga vida útil

La duración de la protección de los elementos galvanizados es directamente proporcional al espesor de los mismos, en un ambiente determinado. En un ambiente agresivo, puede durar por más de veinte años.

- Doble protección

*Protección de barrera:* Aleación metalúrgica del zinc con el acero que protege el metal contra la acción corrosiva del ambiente.

*Protección catódica:* El zinc actúa como ánodo de sacrificio y protege el acero de los efectos nocivos de la corrosión.

- Tenacidad del recubrimiento

La unión metalúrgica genera diversas capas de aleación que le dan mayor dureza y tenacidad al material, haciéndolo mayor resistente a los golpes y a la abrasión.

- Mantenimiento innecesario

Gracias a la duración que ofrece el galvanizado por inmersión en caliente, el mantenimiento se hace innecesario.

- Confiabilidad

Los recubrimientos galvanizados en caliente, son uno de los pocos sistemas de protección del acero que están perfectamente especificados por normas nacionales e internacionales, como la NCT y la ASTM.

- Recubrimiento integral

Debido a la unión metalúrgica formada, tanto los bordes como las esquinas quedan igualmente protegidos.

- Versatilidad

El proceso permite galvanizar una variedad de materiales en diversas formas y tamaños.

- Fácil de soldar

Mediante una técnica operativa correcta pueden conseguirse soldaduras de alta calidad con características de tracción, fatiga y doblado, análogas a las que se obtienen con acero sin galvanizar.

- Fácil de pintar

El acero galvanizado se puede pintar, ya sea por motivos decorativos, de señalización, camuflaje, etc..., o bien para aumentar la duración de la protección en ambientes muy agresivos.

## **2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

El galvanizado consiste en un proceso sencillo, el que no tiene complicación como otros procesos de protección contra la corrosión. Este proceso produce una protección catódica, esto es por el hecho de que el potencial de reducción del zinc es más negativo que el del hierro, con  $-0.44\text{ V}$  y  $-0.76\text{ V}$  respectivamente.

### **2.5.1. Galvanizado en caliente**

El proceso de galvanizado consta de tres etapas:

- Preparación de la superficie
- Galvanizado
- Inspección

#### *2.5.1.1. Preparación de la superficie*

Esta es la etapa de más importancia, ya que cuando el recubrimiento que se le da a la superficie falla con anterioridad, es decir, antes de continuar con el proceso, existe un término de su vida útil que se debe a una inadecuada preparación de la superficie.

Esta etapa se puede subdividir en:

- Limpiador alcalino o desengrase
- Enjuague
- Decapado o baño ácido
- Enjuague

- Mordentado
- Enjuague

#### *2.5.1.2. Desengrase alcalino*

Este es el proceso de desengrase más común y eficaz utilizado en el galvanizado.

En general, en esta etapa se requiere que la superficie del metal base, esté sustancialmente libre de grasas y aceites, que pueden provenir de algún proceso de maquinado, en este caso el laminado, también podrían haber manchas resultantes de tratamientos químicos, soldaduras o pinturas. A fin de lograr un buen recubrimiento deberán eliminarse todas las suciedades o impurezas perjudiciales; de lo contrario, se obtendrán recubrimientos que no son adherentes ni eficaces.

Además, se debe evitar que la materia grasa contamine las soluciones de las etapas posteriores.

Por ello emplearemos una solución limpiadora alcalina en caliente ligeramente básica (pH 10,5 a 12), donde la pieza a recubrir se somete a una temperatura elevada de 450 °C y además consta de varias etapas posteriores al desengrasado, como el decapado y lavado (enjuague) para obtener óptimos resultados.

La composición básica del baño de desengrase, es el hidróxido sódico, al que suelen añadirse otras sustancias con propiedades alcalinas como carbonatos, fosfatos, silicatos, aceites y grasas. Asimismo, se añaden agentes tensoactivos específicos (jabones), emulsionantes y dispersantes que facilitan la limpieza.

#### *2.5.1.3. Lavado o enjuague*

La pieza se enjuaga en un baño de agua corriente para evitar el arrastre de las soluciones producidas en el desengrase.

#### *2.5.1.4. Decapado o baño ácido*

El decapado es la eliminación de una capa fina de metal en la superficie del acero. En esta etapa eliminaremos las impurezas de los contaminantes inorgánicos que han podido quedarse adheridos durante el proceso de mecanizado (en nuestro caso laminación en frío) y obtener así una superficie químicamente limpia. El tiempo de decapado depende

del grado de oxidación superficial de la pieza y de la concentración de la solución de ácido.

Este procedimiento se realiza por inmersión de las piezas metálicas en soluciones ácidas. La mayoría de las operaciones de decapado consisten simplemente en la disolución de las capas de óxido en el ácido.

#### 2.5.1.4.1. Composición del herrín

El herrín formado sobre el acero de las piezas por acción oxidante del aire a altas temperaturas ha sido estudiado a fondo.

En el caso de ciertos metales, tales como el hierro, cobre, plomo y aluminio, el volumen de óxido producido es mayor que el del metal originario; por ello, el herrín tiende a proteger el metal de una oxidación a alta temperatura. Hablando en un sentido amplio, la velocidad de formación del herrín sigue una ley parabólica  $P^2 = Kt$  donde P es el peso de óxido formado y t es el tiempo siendo K una constante.

No obstante, en la práctica, ocurren roturas de la capa de óxido que dan lugar a que el espesor de la película aumente; con esto tiende a descascarillarse y aumenta la velocidad de oxidación.

Las altas temperaturas y las elevadas velocidades de calentamiento provocan el agrietamiento y la rotura en láminas de la película de óxido, aunque ello puede ocurrir también a temperaturas relativamente bajas. Las rápidas fluctuaciones de temperatura pueden provocar la rotura de las capas protectoras de óxido.

Se considera, en general, que el óxido formado al calentar el hierro está constituido por tres capas distintas:

- La capa más externa, que es relativamente delgada; contiene la mayor proporción de oxígeno y consiste en óxido férrico. ( $Fe_2O_3$ )
- Una capa intermedia, que es más bien gruesa; está compuesta de óxido ferroso férrico. ( $Fe_3O_4$ )

- Una capa relativamente compacta en la proximidad del hierro inalterado; contiene la mayor proporción de este elemento y su composición corresponde aproximadamente a la fórmula  $\text{FeO}$ . Es probable que esta capa no consista en el compuesto  $\text{FeO}$ , sino, que sea una solución sólida denominada "wustite" que se descompone por debajo de  $570^\circ\text{C}$  en un eutectoide de hierro y óxido ferroso férrico  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . En el caso del herrín formado por debajo de esta temperatura de transición, la capa más interna del mismo contiene  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ó  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  o una mezcla de ambos.

En caso del acero laminado, la temperatura del laminado influye notablemente en la cantidad de herrín formado. Así, las temperaturas más elevadas dan lugar a la formación de los herrines más pesados, los cuales, no obstante, contienen una mayor proporción de óxido ferroso. Se ha comprobado que cuando se realiza el laminado a temperaturas comprendidas entre los  $650^\circ\text{C}$  y los  $800^\circ\text{C}$ . Tenía el herrín un 63,7% de  $\text{FeO}$  y el 36,3% restante de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Por otra parte, con temperaturas de laminado comprendidas entre los  $500$  y  $600^\circ\text{C}$ , el contenido de  $\text{FeO}$  disminuyó a 49,9% con 49,1 de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Esto tiene un profundo efecto sobre el decapado, como se verá más adelante.

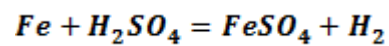
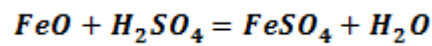
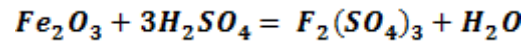
#### 2.5.1.4.2. Ácidos usados

La eliminación del herrín de los metales ferrosos se efectúa decapando en una solución de ácido sulfúrico o clorhídrico. Cuando se trata de fundición, es frecuente encontrar silicatos y arena mezclados con el herrín, y en tal caso se necesita ácido fluorhídrico para disolver el material silicio.

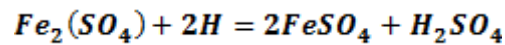
El herrín originado en los procesos de soldadura es posible que contenga sílice fundida o silicatos de hierro, debidos a los revestimientos de los electrodos. En estos casos son útiles las mezclas de ácido fluorhídrico y sulfúrico actuando a una temperatura de  $71^\circ\text{C}$ . No suelen emplearse otros ácidos que los indicados anteriormente. La eliminación del herrín se produce como resultado de la disolución química de:

- La disolución química de la capa de herrín.
- El desprendimiento del gas originado al reaccionar el ácido con el metal base.

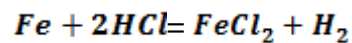
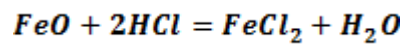
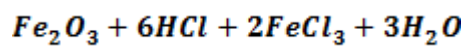
Con el ácido sulfúrico, las reacciones que tienen lugar están en gran parte limitadas a los óxidos, ferroso y férrico, y el hierro metálico:



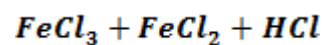
La reducción del sulfato férrico a sulfato ferroso se realiza a causa de la presencia del hidrógeno nascente:



Las reacciones, que corresponden al ácido clorhídrico son las siguientes:



La reducción del cloruro férrico por el hidrógeno nascente está representada por la ecuación:



La disolución del óxido ferroso férrico  $Fe_3O_4$  en los ácidos indicados es lenta; este óxido es difícilmente soluble en los ácidos.

La solubilidad del hierro, el  $FeO$  y el  $Fe_2O_3$  en estos ácidos se da en la siguiente tabla:



## SOLUBILIDAD DEL HIERRO Y SUS OXIDOS EN EL ACIDO SULFÚRICO Y CLORHÍDRICO

TEMPERATURA °C.	CONCENTRACIÓN DE ACIDO %		DISUELTO DE UNA MUESTRA DE 100 GRAMOS EN UNA HORA.		
			Fe (gr)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (gr)	FeO (gr)
20°C.	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	6,0	3,9	0,14
20°C.		5	15,0	4,8	0,56
20°C.		10	35,0	6,4	0,98
30°C.		10	97,7	9,0	1,40
20°C.	HCl	1	20,8	0,112	0,48
20°C.		3	31,6	0,36	0,76
20°C.		5	40,7	0,71	0,83
20°C.		10	72,0	10,6	7,5

Puede observarse que en el caso de emplear bajas concentraciones de ácido clorhídrico, una parte importante del ataque total tiene lugar sobre el hierro; no obstante, con solución de ácido al 10% se produce una importante disolución de los óxidos. Empleando ácido clorhídrico de elevada concentración, la eliminación del herrín se debe más a un proceso de disolución química del óxido que a una eliminación mecánica del mismo.

Con ácido sulfúrico de baja concentración, el peso de óxido disuelto, comparado con el del hierro metálico, es considerablemente mayor que en el caso de emplearse ácido clorhídrico de concentración equivalente.

La disolución del óxido en el ácido sulfúrico (de cualquier concentración) tiene una marcada importancia en las operaciones de decapado, y en cuanto a la relación entre la cantidad de hierro metálico disuelto y la de sus óxidos, es mucho mayor a elevadas temperaturas que a temperatura ambiente.

El óxido ferroso (FeO) en contacto con el acero es el más soluble de los óxidos presentes en el herrín; de aquí que, cuando hay junto a la superficie del acero una cantidad realmente importante de este óxido, tiene lugar un decapado mucho más rápido que cuando existen en dicha zona óxidos más elevados.

Durante el decapado, el ácido penetra hasta la capa de FeO a través de los poros y fisuras del herrín, y de esta manera la disolución del FeO en el ácido da por resultado el desprendimiento de las capas superficiales de herrín. Esto está de acuerdo con la dificultad que ofrece la eliminación de herrines formados a temperaturas inferiores a 570°C, como ya se había indicado. Así se ha visto que cuando se recuecen durante una hora a 500°C. Hasta 550°C, las partículas de hierro de la "wustite" se aglomeran, y hacen difícil el decapado, incluso empleando ácidos más concentrados.

Se ha puesto de manifiesto que en el decapado con ácido sulfúrico, la cantidad de herrín eliminado por desprendimiento es, en comparación con la cantidad eliminada por disolución química, mayor en el caso del ácido sulfúrico que en el caso del ácido clorhídrico. Este es un factor que tiende a provocar una mayor economía de ácido cuando se emplea el primero de los citados.

El contacto entre el herrín y el metal desempeña, también un importante papel en el proceso del decapado, a causa de la diferencia de potencial existente entre el metal y el óxido, que facilita, a causa de las células electroquímicas formadas en presencia del ácido, la acción disolvente del mismo.

En el caso del ácido sulfúrico, una elevación de temperatura para incrementar la velocidad de disolución del metal y del óxido es menos eficaz que en el caso del ácido clorhídrico. El hierro metálico es mucho más soluble en este último que el óxido, y esta diferencia se acentúa al emplear ácido sulfúrico.

### Ácido sulfúrico

El mejor ácido sulfúrico comercial tiene una concentración del 95%; su acción sobre el hierro y el acero es pequeña. Empezando con una baja concentración de ácido, se observa que al aumentar la misma, disminuye el tiempo de decapado, hasta que alcanza un máximo cuando la concentración está próxima al 25%; después, la velocidad del decapado disminuye rápidamente. Por otra parte el efecto de la temperatura es muy marcado.

Así, en algunas pruebas sobre el decapado del acero oxidado, indicadas en la siguiente tabla, se encontró que aumentando la temperatura del ácido sulfúrico al 5% de 18 a 60°C disminuía el tiempo de decapado casi a la décima parte. Por esta razón, el decapado con ácido sulfúrico deberá llevarse a cabo con ácido caliente; así podrá lograrse un mayor rendimiento.

#### EFECTO DE LA TEMPERATURA EN EL TIEMPO DE DECAPADO

<b>ACIDO SULFURICO</b>	<b>18°C.</b>	<b>40°C.</b>	<b>60°C.</b>
<b>5%</b>	<b>55 minutos</b>	<b>15 minutos</b>	<b>5 minutos</b>
<b>10%</b>	<b>13 minutos</b>	<b>6 minutos</b>	<b>2 minutos</b>
<b>ÁCIDO CLORHÍDRICO</b>	<b>18°C.</b>	<b>40°C.</b>	<b>60°C.</b>
<b>5%</b>	<b>135 minutos</b>	<b>45 minutos</b>	<b>13 minutos</b>
<b>10%</b>	<b>120 minutos</b>	<b>32 minutos</b>	<b>6 minutos</b>

La velocidad del decapado disminuye a medida que aumenta en la solución el contenido en sulfato ferroso. El efecto retardador de las sales ferrosas es menor a elevadas temperaturas que a bajas temperaturas, tanto en el caso del ácido sulfúrico como en el ácido clorhídrico y es debido a la mayor solubilidad de las sales a alta temperatura. Con bajas concentraciones de ácido sulfúrico el efecto es menor marcado que con las elevadas. Las sales férricas aceleran la velocidad de decapado, pero ello solo tiene interés científico, puesto que es despreciable el contenido de hierro trivalente en las soluciones de decapado.

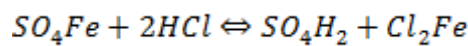
Aunque en el caso del ácido clorhídrico la presencia del hierro puede acelerar la velocidad de decapado dentro de ciertos límites de temperatura y concentración del ácido, una concentración excesiva de sales de hierro en toda clase de soluciones ácidas reduce muy considerablemente la velocidad del decapado.

Se ha fijado en 80 gramos por litro la máxima cantidad de hierro que puede tolerarse en los baños de decapado con ácido sulfúrico, mientras que con los baños de ácido clorhídrico se da un máximo práctico de 120 gramos por litro.

### Ácido Clorhídrico

El ácido clorhídrico comercial consiste en una solución acuosa al 30 a 35% de ácido clorhídrico gaseoso. La volatilidad del ácido hace impracticable su empleo a elevadas temperaturas; a temperaturas superiores a 40°C. La velocidad de volatilización del ácido es realmente rápida. En la práctica actual, la velocidad de decapado se incrementa más con elevadas concentraciones de ácido que con una elevación de la temperatura.

En este aspecto el ácido clorhídrico se diferencia del ácido sulfúrico; con este último, las concentraciones tienen poca influencia, y el principal método para incrementar las velocidades de decapado consiste en una elevación de la temperatura. La escasa volatilidad del ácido sulfúrico y su bajo precio hacen de él que sea el ácido más generalmente empleado, para el decapado. A veces, se practica la adición de ácido clorhídrico al ácido sulfúrico. Con tales adiciones se acelera el decapado, y la mayor solubilidad del cloruro ferroso hace posible usar la solución mucho más tiempo, se pretende que todo el decapado se lleva a cabo por el ácido sulfúrico; el ácido clorhídrico sirve solamente para regenerar el ácido sulfúrico de acuerdo con la siguiente reacción:



Siendo desplazado el equilibrio hacia la derecha. Cuando se alcanza una concentración de 350 gramos de sulfato ferroso por litro, se hace cristalizar por enfriamiento y se separan los cristales por centrifugación, recuperándose el óxido férrico y el ácido sulfúrico por tostación de la sal seca.

### Formación de lodos

Después del decapado, queda sobre la superficie del metal una capa de lodo adherente; mucho de este lodo se acumula también en la parte superior del depósito. En el decapado con ácido sulfúrico, el depósito contiene hasta un 0,6% del hierro disuelto en el ácido; con ácido clorhídrico, la cantidad de lodo producida es menor. Este lodo contiene también una alta proporción de los metales nobles contenidos como trazas en el metal que se decapa, los cuales se precipitan sobre la superficie del acero.

El uso del ácido clorhídrico tiende a dar una superficie más blanca y pulida que la producida por el ácido sulfúrico, y es por ello preferido en algunas operaciones de estañado a pesar de su elevado coste y de su acción más lenta.

Es importante el lavado cuidadoso del metal decapado para quitar estos depósitos.

### Inhibidores

Muy a menudo, durante el decapado de los metales ferrosos, el herrín es parcialmente eliminado en algunas partes antes de que haya sido decapada la totalidad de la superficie. Esta es la razón por la que se le añade al decapado materiales con el fin de reducir el ataque sobre el metal de base sin modificar apreciablemente la velocidad del decapado. Estos materiales son también interesantes porque su presencia reduce el desprendimiento de hidrógeno sobre el metal de base sin modificar apreciablemente la velocidad del decapado. Estos materiales son también interesantes porque su presencia reduce el desprendimiento de hidrógeno incrustado bajo la superficie del metal, también reducen la rugosidades y picaduras causadas por una excesiva disolución del metal, este exceso en el consumo de ácido y el de la pérdida del peso del metal puede ser considerable.

Un inhibidor debe ser completamente estable en el ácido de decapado, incluso a elevadas temperaturas, ser fácil y completamente soluble en el ácido, y conservar su eficacia después de un prolongado almacenamiento. En otras palabras lo más esencial de un inhibidor, aparte en la eficacia en este sentido, es que sea un compuesto de elevada estabilidad. Además no debe ser propenso a formar sobre la superficie del metal películas difíciles de eliminar que, por lo mismo pueden interferir en los procesos siguientes, tales como fosfatizado, galvanizado, esmaltado o recubrimientos electrolíticos; y sobre todo, reducir de una manera efectiva el ataque del ácido sobre el metal y llevar al mínimo el desprendimiento de hidrógeno.

### Agentes Humectantes en el decapado

Utilizamos agentes humectantes para disminuir la tensión superficial en la práctica del decapado. Es una innovación relativamente moderna y su empleo puede ser ventajoso. Hay una gran cantidad de materiales capaces de provocar una considerable reducción de

la tensión superficial de las soluciones acuosas, aun cuando se añaden a éstas en cantidades muy pequeñas.

Los agentes humectantes para decapado deben ser estables en medio ácido y no deben resultar excesivamente espumantes. Disminuyendo la tensión superficial del ácido de decapado se consigue una mejor penetración de éste en la capa de herrín, y las burbujas de hidrógeno se desprenden más fácilmente; con ello se consigue que el ácido alcance la superficie del metal de un modo más rápido y uniforme y, por otra parte, se reduce la tendencia de los lodos a adherirse. Finalmente se pierde menos ácido por arrastre, con lo que se logra una reducción en el consumo total de ácido.

#### Decapado Utilizado en nuestro proceso

El decapado utilizado en nuestro proceso tendrá un rendimiento óptimo. Se considera empleando una concentración de un 7% a 9% de ácido clorhídrico, una temperatura entre 60 a 80 °C. Durante el proceso, la concentración de ácido disminuye gradualmente a medida que el contenido de sales de hierro aumenta.

En nuestro caso haremos un decapado ácido con ácido clorhídrico mediante el cual se disolverá solo el óxido, el metal no.

La acción del ácido clorhídrico aumenta a medida que sube la concentración de sales de hierro disueltas en él.

Un baño de ácido clorhídrico con un contenido de 16% de hierro, tiene una velocidad de decapado 4 veces mayor que su valor original.

En todo decapado, la agitación de la solución ácida es ventajosa, ya que aumenta la acción del ácido y la mantiene uniformemente sobre la superficie de trabajo.

Las características principales del baño serán:

- La temperatura del baño será, (temperatura ambiente dentro de la nave) de 35 - 40°C.
- La duración del ataque será de 30 - 45 minutos.
- Además se incluyen inhibidores y estabilizadores.
- La velocidad aumenta con el incremento de la temperatura. (7)

#### 2.5.1.4.3. Lavado o enjuague

Es muy importante realizar un lavado cuidadoso después del decapado. Si se efectúa un lavado imperfecto, estas sales provocan la corrosión y contaminan los depósitos, son sales perjudiciales para este tipo de tratamiento. Las sales residuales pueden acumularse también en los poros del metal y exudar después, perjudicando a cualquier recubrimiento que se aplique ulteriormente.

El metal decapado deberá lavarse primero en una corriente de agua fría, preferentemente en chorros pulverizados a alta presión. Deberá lavarse luego en otro depósito de agua corriente; este segundo depósito se mantendrá prácticamente aislado de la llegada de residuos ácidos. El metal será después sumergido en agua muy caliente para disolver las sales residuales, permaneciendo en el depósito el tiempo suficiente para que adquiera la temperatura del agua. Esto tiene por efecto quitar de los poros del metal la mayor parte del ácido.

#### 2.5.1.4.4. Mordentado

El mordentado es necesario para disolver y absorber cualquier resto de impurezas que queden sobre la superficie metálica y para asegurar que la superficie del acero esté limpia antes de que se ponga en contacto con el zinc fundido. Los mordientes, que contienen cloruro de amonio, también provocan un efecto de decapado suplementario sobre la superficie de la pieza.

Normalmente suelen utilizarse mordientes a base de cloruro de cinc ( $ZnCl_2$ ) y cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ), con una proporción del 60% de  $ZnCl_2$  y el 40% de  $NH_4Cl$ , siendo el contenido en sales de estos baños de unos 400 g/l.

#### 2.5.2. Baño de zinc o Galvanizado

La operación de galvanización propiamente dicha se realiza sumergiendo las piezas en un baño de zinc fundido, a temperatura comprendida entre 440 °C y 460 °C. En algunos procedimientos especiales la temperatura puede alcanzar los 560 °C. La calidad mínima del zinc a utilizar está especificada por la mayoría de las normas europeas e internacionales en zinc del 98,5 %. Durante la inmersión de las piezas en el zinc fundido se produce la difusión del zinc en la superficie del acero, lo que da lugar a la

transformación de diferentes capas de aleaciones zinc-hierro de distinta composición. Cuando las piezas se extraen del baño de galvanización, estas quedan recubiertas de una capa externa de zinc composición similar a la del zinc del baño. El tiempo durante el que las piezas deben estar sumergidas en el baño de zinc, para obtener un recubrimiento galvanizado correcto, depende, entre otros factores, de la composición del acero, de la temperatura del baño de zinc y del espesor del acero de las piezas. En cualquier caso, las piezas deben estar sumergidas en el zinc hasta que alcance la temperatura del baño. Antes de extraer las piezas del baño de galvanización es necesario retirar de la superficie del mismo la fina capa de óxidos de zinc que se forma y que también contiene restos de sales, con el fin de que no se adhieran a la superficie de las piezas y produzcan imperfecciones superficiales en el recubrimiento.

#### 2.5.2.1. *Lavado*

A continuación de la salida del baño de zinc, las piezas entran el último tramo del proceso. Pasarán por la torre de refrigeración donde se enfriarán y serán lavadas, eliminando las adherencias superficiales y finalmente se inspeccionarán por el departamento de calidad, donde se comprobará su aspecto superficial y espesores especificados por la normativa.

#### 2.5.3. *Pasivado*

Es importante que nuestro material recién obtenido del proceso de galvanización que presenta un aspecto metálico brillante y que pueda con el tiempo variar hasta adquirir un color gris metálico mate. Este cambio se debe a la reacción del zinc y el aire, que da lugar a la formación de una capa fina de hidróxidos y carbonatos básicos del 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 en nuestro caso la añadiremos como finalización de nuestro proceso, para evitar que el acero que posteriormente será empleado para manivelas de puertas llegue a conseguir un aspecto mate.

En esta etapa emplearemos ácido nítrico para obtener la capa pasiva sobre el acero de nuestras piezas, ya que es tan importante obtener un aspecto brillante al terminar el proceso como haber realizado correctamente todas las etapas anteriores del proceso por inmersión en caliente.



#### 2.5.4. Inspección

Cuando finaliza el proceso nuestra empresa realiza un control de calidad asegurándose que se obtiene una calidad adecuada para ello la pieza debe tener un buen aspecto superficial, adherencia y espesor. Nuestros técnicos se basaran en la normativa española e internacional UNE EN ISO 1461 *"Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo"*.

(3) (5) (6)

## **Capitulo 3. Evaluación de riesgos**

### 3.1. EVALUACIÓN DE LOS AGENTES QUÍMICOS

A continuación pasaremos a estudiar qué contaminantes son peligrosos para el trabajador durante su jornada laboral, en la línea de fabricación de herrajes, aunque ya sabemos que hay varios tipos de agentes que pueden afectar a la persona durante su exposición en el ambiente solo vamos hacer referencia a los agentes químicos que intervienen en las diferentes etapas de la producción.

Para llevar a cabo esta evaluación tendremos que tener en cuenta la cantidad de agente químico que tenemos ambientalmente, si dicha concentración de contaminante está por debajo de unos valores límites, no habrá peligro durante su jornada laboral. También tendremos que valorar el tiempo de exposición; a mayor tiempo más riesgo, además de las características individuales de cada trabajador. El contaminante no actúa por igual a todos, ya que pueden existir personas sensibles a determinadas sustancias. Además tendremos que tener en cuenta las características individuales de cada trabajador. En el caso de que hubiera varios agentes contaminantes el riesgo es mayor.

Primeramente vamos a definir algunos de los términos por el Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo que vamos a utilizar en este apartado de evaluación de los riesgos, que producen los contaminantes que intervienen en nuestro proceso para elaborar herrajes metálicos para puertas.

#### 3.1.1. Legislación y normas utilizadas

Real **decreto 374/2001** del 6 de Abril de 2001 sobre protección seguridad y salud de los trabajadores contra riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Lista de valores límite ambientales de exposición profesional para agentes químicos en España 2012.

#### Resumen

En el **RD 374/01** se expone que: cuando los resultados de la evaluación muestren riesgo para la salud y seguridad del trabajador serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los **Arts. 5 a 7**, cuando el riesgo sea moderado, y lo expuesto en el **Art. 4**, para agentes químicos peligrosos. Entre otras se recomienda:

- Reducción al mínimo del número de trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- Reducción al mínimo de la duración e intensidad de la exposición.
- Orden y limpieza, incluyendo almacenamiento, manipulación y transporte del agente químico.
- Disminuir las cantidades del agente químico o sustituirlo por otro que sea de menor toxicidad o peligrosidad.
- Medidas de ventilación y otras medidas de protección colectiva necesarias.

### 3.2. DEFINICIONES IMPORTANTES

**Agente químico:** Todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.

**Exposición a un agente químico:** presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente por inhalación o por vía dérmica. (13)

**Exposición diaria (ED):** Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias

**Exposición de corta duración (EC):** Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Lo habitual es determinar las **EC** de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos.

**Indicador biológico (IB):** se entiende por indicador biológico un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está

asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico.

Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

Se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

- IB de dosis. Es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.
- IB de efecto. Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, inducidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

**Valores límites ambientales (VLA):** Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Los VLA sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa (sólido, líquido) del mismo, sea a través del contacto de los gases, vapores y nieblas con las partes desprotegidas de la piel y cuya aportación puede resultar significativa al contenido corporal total del trabajador, la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global. En este caso los agentes aparecen señalados en la lista con la notación “vía dérmica”. Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para prevenir la absorción dérmica.

### 3.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

En el tratamiento superficial que aplicamos para nuestras piezas metálicas, galvanizado, aparecen muchos agentes químicos, pero no todos ellos son necesarios estudiarlos, solo nos vamos a centrar en algunos de ellos. Esta tabla refleja los distintos contaminantes que aparecen en las etapas de la producción.

Esquema Tratamiento de galvanizado

Curso de trabajo	Estado de la superficie Tipo de tratamiento	Detergente Decapado	Composición del baño	Material del recipiente
Limpieza y desengrase	Piezas muy engrasadas	Desengrase por decocción	Hidróxido sódico Carbonatos Fosfatos Silicatos Aceites grasas Tensoactivos Emulsionantes	Acero
Lavado	Agua corriente			
Decapado	Por inmersión	Acido nítrico Acido clorhídrico	60 l acido nítrico concentrado 3 l acido clorhídrico concentrado 37 l agua	Acero
Lavado	Agua corriente			
Mordentado	Por inmersión	Cloruro de zinc Cloruro de amonio Cloruro potásico	60% ZnCl <sub>2</sub> 40% NH <sub>4</sub> Cl	Acero
Lavado	Agua corriente			
Baño de zinc	Por inmersión	Zinc fundido Plomo Aluminio	98% de Zn 1.5% Pb 0.01% Al	Acero recubierto de goma dura
Enfriamiento	Por inmersión	Agua corriente en torre de enfriamiento		
Pasivado	Por inmersión	Ácido nítrico	HNO <sub>3</sub>	

(10) (11)

Como ya hemos dicho solo vamos a estudiar la concentración de algunos de ellos dependiendo en la etapa en la que nos encontremos.

En la siguiente tabla, se muestran los diferentes agentes que intervienen en el proceso de galvanizado y los gases que emiten a la atmósfera, por lo tanto el trabajador se verá expuesto a ellos en un radio determinado de distancia cuando son emitidos. También se aprecia que no en todas las etapas del galvanizado se desprenden humos. Por eso solo evaluaremos aquellas etapas donde haya emisiones de los contaminantes químicos.

Principales emisiones atmosféricas/proceso

<b>GALVANIZADO EN CALIENTE</b>		
<b>Proceso</b>	<b>Materias de entrada</b>	<b>Emisiones atmosféricas</b>
Desengrase	Sustrato a galvanizar, disolución alcalina de desengrase	Humos: NaOH
Decapado	Disolución ácida de decapado	Humos: HCl
Mordentado	Cloruro de zinc, cloruro amónico, disolución amoniacal	Humos: ZnCl <sub>2</sub> , NH <sub>4</sub> Cl
Galvanizado (Baño de Zinc)	Zinc, ácidos, sales metálicas	Humos: ZnO, Al, Pb
Pasivado	Ácido nítrico	Humos: HNO <sub>3</sub>

### 3.3.1. Limpieza y desengrase

#### 3.3.1.1. Hidróxido de sodio (NaOH)

Sinónimos

Se reconoce por otros nombres como sosa caustica, lejía, lejía de soda e hidrato de sodio.

### Descripción

La utilizamos en nuestro caso como limpiador del material, para eliminar cualquier resto de suciedad que haya quedado adherido en la superficie de la etapa de mecanizado, sin dañar el material o las cotas del mecanizado.

A temperatura ambiente, el hidróxido de sodio es un sólido blanco cristalino, sin olor que absorbe rápidamente dióxido de carbono y humedad del aire. Es una sustancia muy corrosiva. Cuando se disuelve en agua o se neutraliza con un ácido libera una gran cantidad de calor que puede ser suficiente como para encender materiales combustibles. Generalmente se usa en forma sólida o como una solución de 50% en peso o como sólido que se comercializa como pallets, hojuelas, barras y tortas.

Es una sustancia exclusivamente producida por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza en su estado normal. (19) (25)

### Propiedades químicas

El Hidróxido de Sodio es una base fuerte, se disuelve con facilidad en agua generando gran cantidad de calor y disociándose por completo en sus iones, es también muy soluble en Etanol y Metanol. Reacciona con ácidos (también generando calor), compuestos orgánicos halogenados y con metales como el Aluminio, Estaño y Zinc generando Hidrógeno, que es un gas combustible altamente explosivo.

El Hidróxido de Sodio es corrosivo para muchos metales. Reacciona con sales de amonio generando peligro de producción de fuego, ataca algunas formas de plástico, caucho y recubrimientos.

El Hidróxido de Sodio reacciona lentamente con muchas sustancias, sin embargo la velocidad de reacción aumenta en gran medida con incrementos de temperatura. Los metales más nobles como el Níquel, Hidróxido de Sodio, Plata y Oro son atacados solo a altas temperaturas y en atmósferas oxidantes.

En presencia de la humedad del ambiente, el hidróxido de sodio reacciona con el Dióxido de Carbono para generar Carbonato de Sodio. Reacciona con el Monóxido de Carbono bajo presión para dar formato de Sodio, también en presencia de humedad.

La gran afinidad del Hidróxido de Sodio por el agua causa una reducción en la presión de vapor del agua y por tal razón es un muy buen agente secante



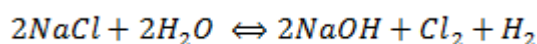
### Incompatibilidades

Es incompatible con ácidos y compuestos halogenados orgánicos como el Tricloroetileno. La reacción con Nitrometano u otros compuestos nitro similares produce sales sensibles al impacto. El contacto con metales como Aluminio, Magnesio, Estaño o Zinc puede liberar gas Hidrógeno (inflamable). Reacciona rápidamente con azúcares para producir Monóxido de Carbono. Reacciona con materiales inflamables.

### Producción

De forma general, el hidróxido de sodio se produce por electrólisis de soluciones acuosas de cloruro de sodio o por la reacción de carbonato de sodio con hidróxido de calcio.

La forma más común de producción de hidróxido de sodio es como solución al 50% por electrólisis de cloruro de sodio. En esta reacción se genera hidróxido de sodio, cloro e hidrógeno de acuerdo con la siguiente ecuación:



Por lo común ingresa al proceso una solución de cloruro de sodio del 27%, esta sufre el proceso de electrólisis; la solución resultante se hace pasar por celdas de diafragma, de membrana o de mercurio, según la tecnología instalada. En la celda de diafragma resulta una solución de entre 9% y 12% de NaOH y 18% de NaCl; la solución pasa a concentración por evaporación, donde también se purifica por procedimientos de cristalización fraccionada. La celda de mercurio genera directamente la solución de 50% de concentración; el mercurio se retira por centrifugación y posterior cristalización o por paso a través de un sistema de filtración (cartuchos o platos). Finalmente en la celda de membrana, en la que se evita la mezcla de electrolitos por la presencia de la membrana, se obtiene una solución de 28% a 35% de NaOH que se concentra luego hasta 50% por acción de evaporadores de película descendente.

La solución final que se genera por este procedimiento es muy pura.

### Aplicaciones y usos

Normalmente las aplicaciones del hidróxido de sodio requieren de soluciones diluidas. Se usa en la manufactura de jabones y detergentes, papel, explosivos pigmentos y

productos del petróleo y en la industria química en general. Se usa también en el procesamiento de fibras de algodón, en electroplateado, en limpieza de metales, recubrimientos óxidos, extracción electrolítica y como agente de ajuste de pH. Se presenta también en forma comercial en limpiadores para estufas y drenajes. En la industria de alimentos tiene importancia en los procesos de pelado químico.

Todo el hidróxido de sodio consumido puede clasificarse en las siguientes aplicaciones: En la industria química inorgánica se usa en la manufactura de sales de sodio, para la digestión alcalina de minerales metálicos y en la regulación de pH. (25)

### 3.3.2. Decapado

#### 3.3.2.1. Ácido clorhídrico (HCl)

##### Sinónimos

Ácido Clorhídrico (solución acuosa), Ácido Hidroclórico (solución acuosa), Ácido Muriático (solución acuosa), Cloruro de Hidrógeno (gas, Anhidro), Hidrocloruro, Espíritu de la Sal, Hydrogen Chloride, agua fuerte o sulfumán (en España), Hydrochloric Acid (Inglés), Chlorwasserstoff (Alemania).

##### Descripción

Es muy corrosivo y ácido. Este compuesto se puede encontrar como gas licuado, donde se conoce como Cloruro de Hidrógeno, o como soluciones acuosas de diferentes concentraciones, que corresponden al ácido propiamente dicho. A temperatura ambiente, el Cloruro de Hidrógeno es un gas incoloro o ligeramente amarillo con olor fuerte, no inflamable. En contacto con el aire, el gas forma vapores densos de color blanco debido a la condensación con la humedad atmosférica. El vapor es corrosivo y, a concentraciones superiores a 5 ppm, puede causar irritación. La forma acuosa, comúnmente conocida como ácido muriático o clorhídrico es un líquido sin olor a bajas concentraciones y humeante y de olor fuerte para concentraciones altas.

Está disponible comercialmente como un gas Anhidro o en forma de soluciones acuosas (ácido clorhídrico). El ácido clorhídrico comercial contiene entre 33% y 37% de cloruro de hidrógeno en agua. Las soluciones acuosas son generalmente incoloras pero pueden generar ligero color azul o amarillo a causa de trazas de Hierro, Cloro e impurezas orgánicas. Esta no es una sustancia combustible.

### Propiedades Químicas

El Gas Anhidro no es generalmente activo, pero sus soluciones acuosas son uno de los ácidos más fuertes y activos. Al entrar en contacto con Óxidos Metálicos y con Hidróxidos forma Cloruros. Descompone las zeolitas, escorias y muchos otros materiales silíceos para formar Acido Silícico. Reacciona con los carbonatos básicos liberando Dióxido de Carbono y Agua. Se oxida en presencia de oxígeno y catalizador o por electrólisis o por medio de agentes oxidantes fuertes para producir Cloro.

### Incompatibilidades

El contacto del Acido Clorhídrico con metales que se encuentran arriba de la posición del Hidrógeno en la serie electromotriz, como el Zinc, genera liberación de Hidrógeno gaseoso. Reacciona con Aminas y Alcalis. Estas reacciones pueden generar suficiente calor para causar fuego en materiales combustibles adyacentes. Ataca también algunos tipos de plásticos, caucho y recubrimientos.

En general esta sustancia es incompatible con: Acetatos, Anhídrido Acético, Alcoholes más Cianuro de Hidrógeno.

### Producción

El cloruro de hidrogeno se produce por cualquiera de las siguientes vías:

- *Proceso de sal y ácido sulfúrico*

Se hace reaccionar Cloruro de Sodio con Acido Sulfúrico para formar Cloruro de Hidrógeno y Carbonato Acido de Sodio (Bicarbonato de Sodio –  $\text{NaHCO}_3$ ) a temperaturas en el nivel de los 150 °C; estos mismos reactivos a temperaturas de 1.000 °C generan Sulfato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Las reacciones que implican la producción del Acido son endotérmicas.

- *Proceso Hargreaves*

Aunque este proceso está en desuso, se incluye por su tradición. Su abandono se debe a la dificultad de lograr Acido concentrado a partir de soluciones diluidas de gas y al incremento en la mano de obra. Se hace reaccionar Sal, Dióxido de Azufre, aire y vapor de agua. Se generan los mismos productos que en el proceso anterior. Las reacciones son exotérmicas y a causa de ello se genera suficiente calor para mantener la reacción

del proceso una vez los reactivos llegan a la temperatura deseada, la cual puede variar de 420 °C a 540 °C.

- *Proceso sintético*

El Cloruro de Hidrógeno se puede sintetizar por la combustión de una mezcla controlada de Cloro e Hidrógeno. El producto posee tanto alta concentración como alta pureza; por este procedimiento sin mayor purificación se llega hasta 98% de pureza y luego de los tratamientos de purificación a 99,7%.

Las temperaturas de reacción alcanzan los 1.200 °C (2200 °F), siendo una reacción altamente exotérmica.

Aplicaciones y usos

La mayoría del Cloruro de Hidrógeno producido se consume en la industria química pero tiene aplicaciones difundidas en limpieza, desinfección y tratamiento de aguas.

Se encuentra como aditivo o componente principal de muchos productos de limpieza, desinfección y para evitar la formación de depósitos carbonatados en baños y piscinas.

(20)(26)

### **3.3.3. Galvanizado o Baño de Zinc**

#### **3.3.3.1. Zinc**

El zinc es un metal a veces clasificado como metal de transición, aunque estrictamente no lo sea, ya que tanto el metal como su especie dispositiva presentan el conjunto orbital completo. Este elemento presenta cierto parecido con el magnesio, y con el cadmio de su grupo, pero del mercurio se aparta mucho por las singulares propiedades físicas y químicas de éste. Es el 23° elemento más abundante en la Tierra y una de sus aplicaciones más importantes es el galvanizado del acero.

Es un metal de color blanco azulado que arde en aire con llama verde azulada. El aire seco no le ataca pero en presencia de humedad se forma una capa superficial de óxido o carbonato básico que aísla al metal y lo protege de la corrosión. Prácticamente el único estado de oxidación que presenta es el +2. En el año 2004 se publicó en la revista *Science* el primer y único compuesto conocido de cinc en estado de oxidación +1, basado en un complejo organometálico con el ligando pentametilciclopentadieno. Reacciona con ácidos no oxidantes pasando al

estado de oxidación +2 y liberando hidrógeno y puede disolverse en bases y ácido acético.

El metal presenta una gran resistencia a la deformación plástica en frío que disminuye en caliente, lo que obliga a laminarlo por encima de los 100 °C. No se puede endurecer por acritud y presenta el fenómeno de fluencia a temperatura ambiente (al contrario que la mayoría de los metales y aleaciones). (21)

### **3.3.3.2. Plomo**

Es un metal pesado de densidad relativa o gravedad específica 11,4 a 16 °C, de color plateado con tono azulado, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico y se funde con facilidad. Su fusión se produce a 327,4 °C y hierve a 1725 °C. Las valencias químicas normales son 2 y 4. Es relativamente resistente al ataque de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, aunque se disuelve con lentitud en ácido nítrico y ante la presencia de bases nitrogenadas. El plomo es anfótero, ya que forma sales de plomo de los ácidos, así como sales metálicas del ácido plúmbico. Tiene la capacidad de formar muchas sales, óxidos y compuestos organometálicos.

El plomo forma aleaciones con muchos metales, y, en general, se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Es un metal pesado y tóxico, y la intoxicación por plomo se denomina saturnismo o plumbosis. (22)

### **3.3.3.3. Aluminio**

Las características del aluminio pueden ser físicas, mecánicas y químicas.

#### Características Físicas

El aluminio es un elemento muy abundante en la naturaleza, sólo aventajado por el silicio y el oxígeno. Se trata de un metal ligero, con una densidad de 2700 kg/m<sup>3</sup>, y con un bajo punto de fusión (660 °C). Su color es blanco y refleja bien la radiación electromagnética del espectro visible y el térmico. Es buen conductor eléctrico y térmico.

### Características mecánicas

Mecánicamente es un material blando (Escala de Mohs: 2-3-4) y maleable. En estado puro tiene un límite de resistencia en tracción de 160-200 N/mm<sup>2</sup> (160-200 MPa). Todo ello le hace adecuado para la fabricación de cables eléctricos y láminas delgadas, pero no como elemento estructural. Para mejorar estas propiedades se alea con otros metales, lo que permite realizar sobre él operaciones de fundición y forja, así como la extrusión del material. También de esta forma se utiliza como soldadura.

### Características químicas

La capa de valencia del aluminio está poblada por tres electrones, por lo que su estado normal de oxidación es III. Esto hace que reaccione con el oxígeno de la atmósfera formando con rapidez una fina capa gris mate de alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que recubre el material, aislándolo de posteriores corrosiones. Esta capa puede disolverse con ácido cítrico. A pesar de ello es tan estable que se usa con frecuencia para extraer otros metales de sus óxidos. Por lo demás, el aluminio se disuelve en ácidos y bases. Reacciona con facilidad con el ácido clorhídrico y el hidróxido sódico. (23).

## **3.3.4. Pasivado**

### **3.3.4.1. Acido nítrico**

#### Sinónimos

Se conoce como Nitrato de Hidrógeno, Hidróxido de Nitrilo, Nital, Agua fuerte, Acido Azoico.

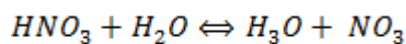
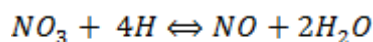
#### Descripción

El Acido Nítrico es un ácido fuerte, corrosivo y de vapores sofocantes; su forma común en la naturaleza corresponde a sales del tipo (X(NO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>) y no a su forma ácida debido a la alta reactividad que exhibe frente a muchas sustancias. Es un líquido incoloro o amarillento pero puede llegar a tomar coloraciones rojizas si contiene suficiente cantidad de Dióxido de Nitrógeno disuelto. Posee un olor irritante muy fuerte en concentraciones altas. Es completamente soluble en el agua formando un azeótropo a 69,2% de contenido de ácido. El Acido Nítrico se descompone por el calentamiento formando agua, oxígeno y Dióxido de Nitrógeno; este comportamiento hace difícil la

determinación de muchas de sus propiedades a temperaturas arriba de los 50 °C. Se descompone también en presencia de alcoholes.

### Propiedades químicas

El Acido Nítrico concentrado es un agente oxidante muy fuerte y ataca metales nobles como el Cobre y la Plata aunque no el oro y ni el Platino; no obstante, estas propiedades oxidantes desaparecen cuando se encuentra en forma diluida. De esta manera, el Acido Nítrico interviene de dos formas diferentes en las reacciones dependiendo de su concentración:



La primera de las semirreacciones corresponde a su forma concentrada y la segunda a la diluida.

Este ácido reacciona con metales de carácter básico liberando Hidrógeno y dando lugar al correspondiente nitrato del metal; si los metales se encuentran en forma de polvo, la reacción se desarrolla con un violento desprendimiento de energía generando por lo regular explosiones. El Acido Nítrico no ataca metales nobles como el oro, pero éste se puede disolver en una mezcla de tres partes de Acido Nítrico concentrado y una de Acido Clorhídrico concentrado conocida como agua regia. Cuando el Acido Nítrico ataca metales como el aluminio y el Cromo, se genera en la superficie de estos metales una capa de óxido que les impide seguir siendo atacados y los protege contra ataques posteriores de químicos de otra naturaleza, este fenómeno se conoce como pasivación.

### Incompatibilidades

El Acido Nítrico concentrado es una sustancia oxidante muy fuerte y reacciona de forma violenta con materiales combustibles y reductores. Es un ácido fuerte y como tal reacciona violentamente con las sustancias básicas. Reacciona violentamente con sustancias orgánicas como Acetona, Acido Acético, Anhídrido Acético, Alcoholes, Trementina, causando riesgo de fuego y explosión. En presencia de Polvos Metálicos, Carburos y Sulfuro de Hidrógeno da lugar a reacciones explosivas.

### Aplicaciones y usos

De forma general se usa en la manufactura de nitratos orgánicos e inorgánicos, como intermediario en materiales colorantes, en la elaboración de medicamentos para veterinaria, en joyería, en la industria del fotograbado y en la industria de los explosivos.

Su principal aplicación es la industria de los fertilizantes donde se consume en alrededor de un 75% del total producido. El Acido Nítrico en intervalos de concentraciones de 55% a 60% se usa aquí como materia prima en la producción de fertilizantes nitrogenados. (45)

### **3.4. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA APARICIÓN DE ENFERMEDADES**

Existen distintos factores que influyen en la presencia de uno o varios agentes contaminantes en el ambiente de trabajo que pueden derivar en una enfermedad del trabajador.

Dentro de éstos, destacan fundamentalmente dos:

- La **cantidad o concentración del agente contaminante** en el ambiente de trabajo.

Para muchos de los contaminantes se han definido valores límites tolerables, por debajo de los cuales es predecible que, en condiciones normales, no se genere daño para los trabajadores expuestos.

- El **tiempo de exposición**.

Es el tiempo efectivo durante el cual un contaminante ejerce su acción agresiva sobre el trabajador.

Generalmente el tiempo de exposición es menor al tiempo total de permanencia en el puesto, debido a la presencia de descansos y tiempos muertos en la jornada laboral.

Otros factores a tener en cuenta son:

- La **naturaleza del contaminante**.

La capacidad del organismo para limitar la entrada de los agentes contaminantes está vinculada a las propiedades fisicoquímicas de éstos (solubilidad, volatilidad, estado de agregación, polaridad, grado de ionización, etc.).

- Las **características personales del trabajador**.



Las características particulares de cada individuo, tales como la edad, raza, sexo, condiciones metabólicas, hábitos alimenticios e higiénicos, etc. pueden condicionar el grado de afectación producido por un contaminante.

- Las **condiciones de trabajo**.

Dentro de éstos se consideran todos aquellos factores que limitan la estancia del contaminante en el entorno de trabajo, tales como sistemas de ventilación general o extracción localizada.

- Los **factores ambientales**, tales como la temperatura, humedad, presión atmosférica, hora del día, etc.

- La **presencia de varios agentes contaminantes** al mismo tiempo.

### 3.5. TOXICOLOGÍA DE LOS CONTAMINANTES

#### Introducción

La inhalación de humos, exposición, contacto directo con los distintos contaminantes puede ocasionar daños para la salud. Los órganos afectados y la gravedad de las lesiones dependen de los contaminantes presentes en los humos y de la cantidad a la que se encuentre expuesto el operario.

Cada contaminante tiene asignada una concentración máxima en el aire, conocida como Valor Límite Ambiental (VLA), por debajo del cual se considera que en base a los conocimientos actuales sobre su toxicidad, la mayoría de los trabajadores durante toda su vida laboral, no sufrirán trastornos en su salud. En medida que se superen estos límites aumentarán las probabilidades de que los daños se manifiesten.

Para algunos de los contaminantes que pueden estar presentes en los humos ambientales, tales como el cromo, se dispone también de Valores Límites Biológicos (VLB), por lo que mediante análisis de orina y sangre, pueden obtenerse datos de la exposición complementarios a los muestreos ambientales.

La principal vía de contaminación para una persona con los contaminantes aparentes es la respiratoria.

Además, cabe destacar que los contaminantes químicos pueden provocar un daño de forma inmediata o a corto plazo (intoxicación aguda) o generar una enfermedad profesional al cabo de los años (intoxicación crónica).

Entre todos los agentes químicos habrá algunos que sean más peligrosos para la salud que otros dependiendo de la categoría en la que se encuentre, pudiendo llegar a ser cancerígeno. A continuación explicamos las categorías que existen dentro de esta peligrosidad.

Un agente cancerígeno es:

- a) Una sustancia o preparado, clasificado como cancerígeno de la 1ª o 2ª categoría en la normativa relativa a clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos, de tal manera que:

**Cancerígeno de 1ª categoría** son sustancias que, se sabe, son carcinogénicas para el hombre. Se dispone de elementos suficientes para establecer la existencia de una relación de causa/efecto entre la exposición del hombre a tales sustancias y aparición del cáncer.

**Cancerígeno de 2ª categoría** son sustancias que pueden considerarse como carcinogénicas para el hombre. Se dispone de elementos suficientes para suponer que la exposición del hombre a tales sustancias puede producir cáncer.

A continuación pasamos a exponer los distintos efectos que tienen los contaminantes que intervienen en el proceso sobre la salud.

### **3.5.1. Ácido nítrico**

#### ***3.5.1.1. Efectos de exposición de corta duración***

La sustancia puede afectar a las vías respiratorias superiores además de irritar la piel y los ojos.

#### ***3.5.1.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

El contacto prolongado a dicha sustancia puede causar bronquitis crónica, dermatitis, blefaritis y conjuntivitis.

#### ***3.5.1.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación***

El ácido nítrico tiene repercusiones sobre el organismo y generalmente se produce a través de 4 vías de exposición, las cuales se exponen a continuación:

- Inhalación:

El olor del ácido nítrico y las propiedades irritantes proporcionan generalmente una alarma de concentraciones peligrosas agudas.

La sustancia puede producir sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria y pérdidas del conocimiento (síntomas no inmediatos). La inhalación de concentraciones muy altas puede dar como resultado laringospasmos y, finalmente la obstrucción de las vías respiratorias y la muerte. Hasta 24 horas después, puede producirse desarrollo de dificultades respiratorias con dolor de pecho, disnea, y edema pulmonar (falta de respiración, cianosis, expectoración).

- Ingestión:

El ácido nítrico es una sustancia corrosiva que cuando se ingiere puede provocar dolor abdominal, sensación de quemazón y shock. También son comunes lesiones corrosivas graves en los labios, boca, garganta, esófago y estómago.

Cuando afecta al sistema cardiovascular se observan shock, insuficiencia cardíaca y lesiones isquémicas. También afecta al sistema gastrointestinal produciendo gastritis, gastritis hemorrágica y quemaduras gástricas y en el esófago.

- Sistema dérmico:

En contacto con ácido nítrico concentrado puede causar quemaduras profundas de la piel y de las membranas mucosas; a veces produce un color amarillento en la piel. El contacto con vapor o humos menos concentrados de ácido nítrico pueden causar dolor por quemadura, enrojecimiento e inflamación.

- Sistema ocular:

De la exposición al ácido nítrico líquido pueden producirse quemaduras graves de los ojos con nubes en la superficie, perforación del globo, y la consiguiente ceguera. Concentraciones bajas de vapor o humos causan molestias por quemaduras, parpadeo espasmódico o cierre involuntario de los párpados, enrojecimiento y lagrimeo.

El ácido nítrico puede afectar, también cuando se está expuesto en una duración prolongada o repetida, al sistema hematológico y renal, produciéndose después de exposiciones a altas dosis metahemoglobinemia y un fallo renal agudo debido al desequilibrio de ácido – base, respectivamente.

El daño en la piel, ojos, y membranas mucosas, causado por quemaduras químicas puede ser irreversible, p. ej. gangrena, ceguera o estrechamiento del esófago. Después de la inhalación, es habitual la recuperación completa; sin embargo, los síntomas y deficiencias pulmonares pueden persistir. De un daño bronquiolar puede producirse una enfermedad pulmonar obstructiva y restrictiva permanente. La destrucción y cicatrices en el tejido pulmonar pueden conducir a una dilatación crónica de los bronquios y a una mayor vulnerabilidad a la infección. De una exposición prolongada puede producirse erosión o una decoloración amarillenta de los dientes.

Se han evaluado efectos adversos por IARC desde el punto de vista carcinógeno.

El ácido nítrico presentaba resultados negativos en un ensayo de transformación celular, aunque reacciona químicamente con otras sustancias para formar productos mutagénicos. (44) (45)

### **3.5.2. Plomo**

#### ***3.5.2.1. Efectos de exposición de corta duración***

La sustancia puede afectar a las vías respiratorias superiores además de producir trastornos abdominales.

#### ***3.5.2.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

El contacto prolongado a dicha sustancia puede causar trastornos del sueño, alteraciones del sistema nervioso periférico, calambres abdominales, anemia, encefalopatía (convulsiones), puede afectar a la sangre, médula ósea, sistema nervioso central y alteración renal.

#### ***3.5.2.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación***

El plomo tiene repercusiones sobre el organismo y generalmente se produce a través de 2 vías de exposición, las cuales se exponen a continuación.

- Ingestión:

El plomo cuando se ingiere puede provocar dolor abdominal provocando náuseas y/o vómitos. Cuando el plomo entra en el cuerpo humano los efectos que producen en la salud pueden ser anemia, y pérdida de peso.

- Inhalación:

Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire al dispersar el producto, especialmente en estado pulverulento. Cuando esto sucede, que el plomo este en el ambiente de trabajo puede llegar a ser inhalado provocando varios efectos nocivos sobre la salud como: Cansancio fácil, trastornos del sueño, mialgras y altragias, disminución de la libido, poliuria, nicturia, hipertensión arterial, gota.

En la actualidad la IARC a listado al plomo y sus compuestos inorgánicos en el Grupo 2B. Posible carcinógeno para el hombre. (27) (28)

### **3.5.3. Aluminio**

#### ***3.5.3.1. Efectos de exposición de corta duración***

No se observa en la producción industrial, toxicología aguda para este elemento. Esto sucede cuando se está expuesto a niveles muy bajos de aluminio a través del aire, agua o contacto con la piel.

#### ***3.5.3.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

Cuando la exposición es elevada a esta sustancia, tiene riesgo por inhalación, sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.

Los efectos que producen en una exposición prolongada o repetida en el trabajador pueden afectar a los pulmones y también puede afectar al sistema nervioso requiriendo diálisis renal.

Puede llegar a producir en elevadas cantidades daños cerebrales graves e incluso fatales.

En los estudios epidemiológicos de seguimiento sobre este tema no son concluyentes y no se han observado indicios de alteraciones sobre vía cutánea.

Algunos estudios han encontrado que gente con la enfermedad de Alzheimer tiene más aluminio de lo normal en su cerebro. No se sabe si el aluminio produce esta enfermedad o si la acumulación de aluminio ocurre en gente que ya tiene esta enfermedad.

### **3.5.3.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación**

El aluminio tiene repercusiones sobre el organismo y generalmente se produce a través de 2 vías de exposición, las cuales se exponen a continuación.

- Ingestión:

La ingestión de aluminio generalmente no produce daño. Algunos estudios han sugerido que la exposición a cantidades altas de aluminio puede causar enfermedad de Alzheimer, mientras que otros estudios no han encontrado evidencia de que esto ocurra. No se sabe con certeza si la exposición al aluminio produce enfermedad de Alzheimer.

Algunas personas que sufren de enfermedad renal acumulan una gran cantidad de aluminio en sus cuerpos. La enfermedad del riñón impide la eliminación de aluminio en la orina. Algunas veces, estas personas desarrollaron enfermedades de los huesos o del cerebro que los doctores atribuyeron al exceso de aluminio.

- Inhalación:

Esta sustancia se adhiere a las partículas de aire llegando a poder respirarlas en el ambiente de trabajo. Cuando los trabajadores respiran cantidades elevadas de esta sustancia puede provocar alteraciones en el aparato respiratorio como tos y asma afectando a su vez a los pulmones que se detectan en radiografías de tórax.

- Sistema dérmico:

No hay ningún tipo de efecto adverso sobre la salud cuando el contacto es por la piel del trabajador.

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado la producción de aluminio como una situación del Grupo 1: exposición humana cancerígena conocida. (29)

### **3.5.4. Zinc**

#### ***3.5.4.1. Efectos de exposición de corta duración***

No se observa en la producción industrial, toxicología aguda para este elemento. Está considerado como uno de los elementos menos tóxicos para la salud.

#### ***3.5.4.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

Los efectos nocivos generalmente se empiezan a manifestar a niveles de 10 a 15 veces más altos, que la cantidad necesaria para mantener buena salud.

#### ***3.5.4.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación***

El Zinc tiene repercusiones sobre el organismo y generalmente se produce a través de 3 vías de exposición, las cuales se exponen a continuación.

- Ingestión:

La ingestión de grandes cantidades aun brevemente puede causar calambres estomacales, náusea y vómitos. Si se ingieren grandes cantidades durante un período más prolongado pueden ocurrir anemia y disminución de los niveles del tipo de colesterol que es beneficioso. No sabemos si los niveles altos de zinc afectan la reproducción en seres humanos.

- Inhalación:

Inhalar grandes cantidades de polvos o vapores de zinc puede producir una enfermedad de corta duración llamada fiebre de vapores de metal no se sabe cuáles son los efectos a largo plazo de respirar altos niveles de Zinc.

- Sistema dérmico:

Puede producir irritabilidad en la piel. (30) (31)

### **3.5.5. Ácido clorhídrico**

#### ***3.5.5.1. Efectos de exposición de corta duración***

Se observa en la producción que cuando un trabajador está expuesto durante un periodo corto de tiempo a niveles muy bajos produce fuerte irritación de las vías respiratorias, piel y ojos. Los efectos principales del Acido Clorhídrico sobre la salud corresponden casi exclusivamente a la irritación del área de contacto. La exposición, no implica en general efectos sobre órganos diferentes de aquellos en la superficie de contacto o portal de entrada.

#### ***3.5.5.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

A mayores concentraciones puede ocasionar severa irritación al tracto respiratorio o digestivo con posibles quemaduras, irritación conjuntiva en la superficie de la cornea e inflamación transitoria de la epidermis. Puede ser nocivo si se ingiere. Produce efectos fatales de acuerdo con los estudios con animales. Puede ser fatal si se inhala. Puede ser sensibilizador. Órganos que se ven afectados por esta sustancia son: Sistema respiratorio, Dientes, ojos, piel, sistema circulatorio.

Trabajadores adaptados a la presencia de Acido Clorhídrico en el ambiente en forma de gases o vapores pueden trabajar sin perturbación alguna con niveles de hasta de 10 ppm, pero la exposición crónica puede afectar los dientes, resultando en erosión de las superficies dentales en los dientes frontales.

Las mayores fuentes de exposición al Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas y que representan alguna significancia para la salud humana se encuentran en la industria. La exposición se puede dar como resultado de malos procedimientos de manejo y fallas técnicas de planta o a través de derrames accidentales. También se generan riesgos potenciales de exposición durante muestreos del proceso, válvulas dañadas, uniones mal selladas y acoples deficientes en bombas, reactores o compresores.

Cuando esta sustancia entra en contacto con algunos metales, se genera Hidrógeno gaseoso inflamable, que puede estallar violentamente y con alta liberación de calor si entra en contacto con fuentes de ignición como cigarrillos o cortos en el sistema eléctrico.



En la dilución de Acido Clorhídrico concentrado en agua se debe tener presente que su adición al agua puede generar ebullición y salpicaduras violentas que pueden ser fuente de exposición a este material. Por tal motivo se recomienda realizar la dilución agregando el ácido al agua.

### **3.5.5.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación**

Los efectos adversos que produce sobre la salud del trabajador pueden ser bastante amplios dependiendo de si la toxicidad es por inhalación, ingestión o por contacto cutáneo. Los síntomas o efectos sobre la salud, que se pueden presentar en el trabajador, dependiendo como sea la vía de exposición son los siguientes:

- **Inhalación**

Si la exposición es medianamente ligera pueden aparecer irritación nasal, quemaduras, tos y sofocación. Con exposición prolongada aparecerán quemaduras, úlceras en la nariz, y la garganta. Si la concentración es elevada causa ulceración de la nariz y la garganta, edema pulmonar, espasmos, shock; falla circulatoria, incluso la muerte. Los síntomas de edema pulmonar pueden ser retardados.

Esta es una vía importante de exposición al Cloruro de Hidrógeno en forma gaseosa (Anhidro) o a los vapores procedentes del ácido concentrado. Su olor y propiedades altamente irritantes generalmente proveen advertencia adecuada contra exposiciones agudas de alto nivel de concentración. Por lo regular para el 50% de las personas expuestas a concentraciones de Acido Clorhídrico iguales al Límite Permisible de Exposición (PEL) de OSHA (5 ppm) la percepción del olor de la sustancia se hace mínima y por tal razón no es una forma adecuada de identificar su presencia en concentraciones bajas.

Los vapores de Acido Clorhídrico son más pesados que el aire y pueden causar peligro de asfixia en lugares cerrados, poco ventilados o áreas de nivel bajo.

En forma gaseosa, esta sustancia puede alcanzar concentraciones dañinas en el aire muy rápidamente en el caso de escape del contenedor.

La inhalación de altas concentraciones del gas o vapores del ácido concentrado pueden causar neumonitis y edema pulmonar, dando lugar al Síndrome de Disfunción Reactiva de Vías Respiratorias (RADS por las siglas en ingles), un tipo

de asma inducido por la acción de químicos o de agentes irritantes. Los efectos pueden ser retardados y por tanto se requiere observación médica inmediata.

El Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas (Gas Anhidro o vapores) es extremadamente irritante para las membranas mucosas de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Exposición corta a niveles de 35 ppm causa irritación de garganta y niveles de 50 a 100 ppm son apenas tolerables por una hora. El mayor impacto es en el tracto respiratorio superior; las exposiciones a mayores concentraciones pueden llevar rápidamente a hinchazón y espasmo de la garganta y, en últimas, a sofocación. Aquellas personas más seriamente expuestas tienen ataques inmediatos de respiración rápida, tonalidad azul en la piel y estrechamiento bronquial. Pacientes que poseen exposición masiva pueden desarrollar acumulación de fluido en los pulmones.

Los niños pueden ser más vulnerables a los agentes corrosivos que los adultos a causa de los diámetros de vías de aire relativamente menores. Pueden también ser más vulnerables a gases o vapores a causa de su mayor frecuencia respiratoria y por la dificultad en la evacuación rápida de áreas de derrame.

- Ingestión

Puede generar quemaduras en la boca, garganta, esófago y estomago; náuseas, dificultad al comer, vomito, diarrea; en casos graves, colapso y muerte. Puede ser fatal en concentraciones o dosis elevadas. En caso de broncoaspiración puede causar daños graves a los pulmones y la muerte.

- Sistema dérmico

Puede causar inflamación, enrojecimiento, dolor y quemaduras, dependiendo de la concentración.

- Sistema ocular

Produce irritación, dolor, enrojecimiento y lagrimeo excesivo. La solución concentrada o una sobreexposición a los vapores puede causar quemaduras en la cornea y pérdida de la visión.

Quemaduras profundas en la piel y en membranas mucosas son causadas por el contacto con Acido Clorhídrico concentrado o gaseoso, a causa de lo cual se pueden generar cicatrices deformantes. El contacto con Acido Clorhídrico, vapores o nieblas menos concentrados puede causar enrojecimiento e irritación leve de la piel afectada.

La exposición de los ojos a vapores o soluciones de Acido Clorhídrico concentrado pueden causar muerte de las células corneas, cataratas y glaucoma. La exposición a soluciones diluidas puede producir dolor punzante y heridas como úlceras de la superficie del ojo.

- Efectos crónicos

Asma ocupacional. Las exposiciones repetidas a bajas concentraciones pueden generar coloración café y daños en el esmalte de los dientes (erosión dentaria) y dermatitis. La frecuente inhalación puede ocasionar sangrado de la nariz. También puede aparecer bronquitis crónica y gastritis.

La exposición crónica o prolongada a Cloruro de Hidrógeno como gas o en nieblas (Acido Clorhídrico) ha sido asociada con cambios en el funcionamiento pulmonar, inflamación crónica de los bronquios, ulceración nasal y síntomas parecidos a aquellos que se presentan para una infección viral aguda del tracto respiratorio superior, así como también inflamación de la piel, decoloración y erosión dental e inflamación de la membrana ocular.

Los pacientes que hayan ingerido Acido Clorhídrico pueden experimentar formación de costras o peladuras en el esófago o estomago, lo que puede causar estrechez, dificultad de tragar u obstrucción de salidas gástricas. (32)

- Toxicología

La exposición de conejos y conejillos de indias a 4.290 ppm por 30 minutos causa la muerte, en muchos casos de espasmo laríngeo, edema laríngeo o edema pulmonar. La exposición de tres especies de animales a 300 ppm por seis horas causa irritación de la córnea y las vías respiratorias superiores. En humanos, la exposición al gas o vapores inmediatamente causa irritación del tracto respiratorio superior dando lugar a tos, quemadura de la garganta y sensación de sofoco; los efectos son usualmente ulceración de la nariz, garganta y laringe; si se inhala profundamente puede ocurrir edema pulmonar. En trabajadores, la exposición a 50

a 100 ppm por 1 hora es apenas tolerable; la exposición de corto tiempo a 35 ppm causa irritación de la garganta y se considera 10 ppm la máxima concentración permitida para exposiciones prolongadas. Altas concentraciones del gas causan irritación de los ojos y puede causar daño visual permanente o prolongado, incluyendo pérdida total de la visión.

No se han reportado efectos mutagénicos, teratogénicos pero si carcinogénicos en seres humanos por causa del contacto con Acido Clorhídrico en cualquiera de sus formas. (33)

### **3.5.6. Hidróxido de sodio (Sosa)**

El hidróxido de sodio es una sustancia muy corrosiva y causa quemaduras severas en todos los tejidos con los que entra en contacto. Tanto las soluciones concentradas de este material como su estado sólido producen dolor inmediato por contacto con cualquier parte del cuerpo.

Su acción irritante obedece a que reacciona con las proteínas de los tejidos vivos con los que entran en contacto y produce su rompimiento por efectos de hidrólisis.

Al manejar esta sustancia se debe tener presente que al realizar diluciones en agua desde cualquier estado de concentración del hidróxido se produce generación de calor. Si la solución de partida es muy concentrada o se parte de Hidróxido de Sodio Anhidro el calor generado puede dar pie para iniciar la reacción de otras sustancias explosivas cercanas. No se debe nunca agregar agua a hidróxido de sodio sólido pues reacciona violentamente provocando salpicaduras cáusticas y una alta evolución de calor.

#### ***3.5.6.1. Efectos de exposición de corta duración***

Las soluciones débiles de Hidróxido de Sodio no generan dolor por contacto con los tejidos sino hasta después de varias horas de exposición sin haber retirado la solución del tejido en cuestión, pero aún las soluciones débiles son capaces de producir quemaduras si no se retiran de la parte afectada. Luego también la exposición a nieblas de hidróxido sódico Sodio puede generar daños permanentes en los pulmones.

De este tipo de exposición, simple y pequeña de la que una persona se recupera satisfactoriamente no posee efectos retardados o a largo plazo sobre la persona.

### ***3.5.6.2. Efectos de exposición prolongada o repetida***

De una exposición a grandes cantidades de esta sustancia sobre la piel se pueden producir daños tales que sea necesario efectuar procedimientos de trasplante de piel. En algunos casos, si el daño sobre la piel es muy severo, se puede producir la muerte de la persona afectada.

A nivel ocular puede producir ceguera permanente. Por ingestión de soluciones concentradas, se generan daños a nivel de boca, garganta y esófago, donde puede ocasionar daños permanentes y dificultades para tragar; si la cantidad y concentración son lo suficientemente altas, puede provocar la muerte.

### ***3.5.6.3. Vías de exposición. Síntomas, prevención y actuación***

El hidróxido de sodio tiene repercusiones sobre el organismo y generalmente se produce a través de 4 vías de exposición, las cuales se exponen a continuación

- Inhalación

La inhalación puede darse por lo general en plantas industriales y de transformación química donde se trabaja con esta sustancia. Su presencia en el aire puede incluir nieblas, partículas sólidas de tamaño pequeño o aerosoles.

El Hidróxido de Sodio es inodoro y por tal motivo su olor no brinda una medida de su peligrosidad en altas concentraciones.

Exposiciones moderadas cortas a Hidróxido de Sodio (< 2 mg/m) en forma de nieblas, polvo o aerosol generan irritación de las membranas mucosas de la nariz, garganta y tracto respiratorio. Por lo general trabajadores expuestos de manera prolongada a estos niveles de concentración desarrollan resistencia a los efectos que producen la irritación. Exposiciones agudas (> 3 mg/m) dan lugar a irritación inmediata del tracto respiratorio, produciendo hinchamiento o espasmos de laringe y generando posteriormente a obstrucción de las vías de aire superiores y asfixia. Puede ocurrir también inflamación y acumulación de fluido en los pulmones.

Personas que padecen de asma o enfisema son más susceptibles a la toxicidad inherente de esta sustancia.

- Sistema ocular

La exposición a soluciones de Hidróxido de Sodio en la piel es una forma común de entrar en contacto con esta sustancia. Tanto en el hogar como en la industria, pequeñas cantidades se usan como destapadores de cañerías y como limpiadores de estufas y hornos; así que el uso descuidado de este tipo de productos puede conducir a lesiones de diferentes grados. En el trabajo de laboratorio donde el hidróxido de sodio se usa como reactivo con diferentes fines existe una alta posibilidad de contacto a diferentes concentraciones de la solución.

El contacto de la piel con soluciones de Hidróxido de Sodio de concentraciones mayores al 25% provoca irritación inmediata, mientras que en el contacto con soluciones de concentraciones menores o iguales al 4% la irritación no se presenta sino hasta varias horas después si la solución no se ha retirado de la piel o no se ha lavado la zona afectada. El contacto agudo con Hidróxido de Sodio sólido o en concentraciones altas (>50%) por períodos de tiempo de alrededor de 3 minutos causa quemaduras muy severas y ulceraciones profundas en la piel. En los ojos se generan irritaciones a casi cualquier nivel de concentración pero el grado de daño no se puede calcular con alguna certeza sino hasta el transcurso de unas 72 horas. La exposición en los ojos puede producir acumulación de fluido y coágulos de vasos sanguíneos de forma difusa o localizada. En la cornea puede producirse ablandamientos y ulceraciones, las que pueden seguir desarrollándose por varios días después del contacto.

Los daños más severos, causados por la hidrólisis de las proteínas en los ojos, pueden producir ceguera, glaucoma u opacidad ocular (cataratas).

- Ingestión

Esta es una vía poco común de contacto con soluciones de hidróxido de sodio.

De forma instantánea por la ingestión de Hidróxido de Sodio en concentraciones altas o en forma sólida provoca daños severos de tipo corrosivo en los labios, lengua, mucosa oral, esófago y estómago; pudiendo general perforaciones, hemorragias u obstrucción del tracto gastrointestinal. Puede producir vómito espontáneo, dolor en el pecho y en el abdomen, y dificultad para tragar.

Las muertes reportadas por este tipo de exposición se dan a causa de shock, infección de los tejidos corroídos y daños en el pulmón. El grado de daño al tracto intestinal no está claro del todo sino hasta después de varias horas de la ingestión.

- Efectos crónicos

La exposición prolongada a Hidróxido de Sodio en el aire puede provocar ulceración de las fosas nasales e irritación crónica de la piel, las secuelas de una exposición crónica incluyen voz ronca y síndrome de disfunción reactiva de las vías respiratorias, que es un tipo de asma generado por irritación.

- Efectos sistémicos

No se encontraron estudios referidos a la presencia de efectos sistémicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel de nieblas, soluciones o partículas de hidróxido de sodio.

- Toxicología

Esta sustancia no se ha clasificado como cancerígena para humanos en ninguna de las instituciones consultadas para este efecto (NIOSH, OSHA, EPA, IARC). Tampoco presenta efectos adversos mutagénicos o teratogénicos reportados. Se han reportado casos de cáncer en el esófago y en la piel luego de varios años de exposición a soluciones concentradas de Hidróxido de Sodio, pero la causa directa se asocia con la degeneración de los tejidos de localización de las quemaduras cáusticas más que por la acción de la sustancia. (34)

### **3.6. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO**

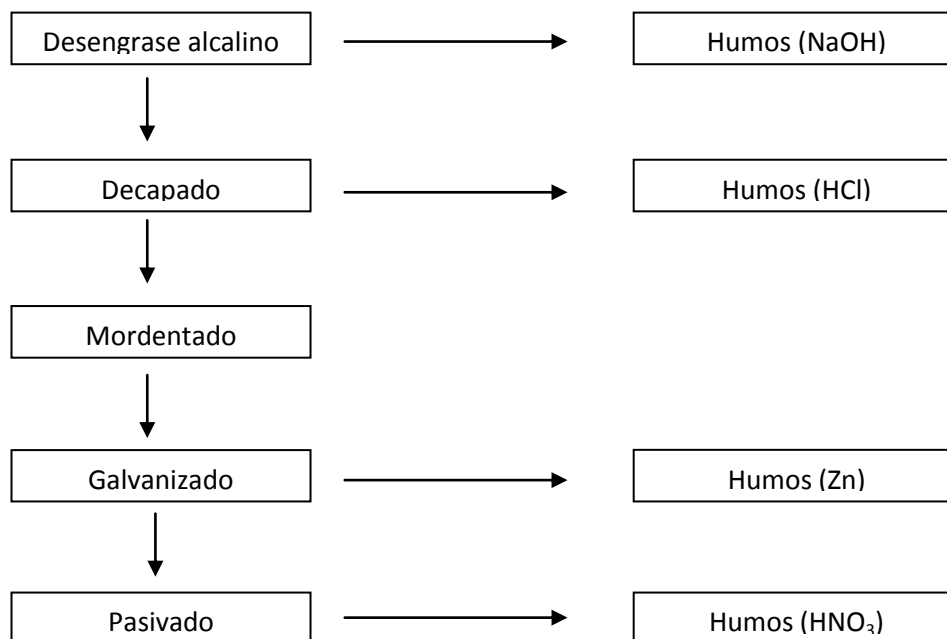
Durante este proceso de producción, como ya sabemos existen varias etapas, donde se realizan una gran amplitud de funciones y tareas, cada una de ellas muy diferente. En cada etapa, intervienen varios trabajadores desempeñando las funciones necesarias para obtener los resultados exigidos al principio por la oficina técnica de la empresa. Recordemos que nuestra tarea era obtener piezas metálicas para el uso de apertura y cierre de puertas.

En los diferentes intervalos que aparecen en la producción de estas piezas, desengrase, decapado, galvanizado y pasivado, están cubiertos cada uno de ellos por un solo

operador, aunque la empresa dispone de tres operarios en cada una de las etapas, pero cada proceso con un turno de ocho horas.

En cada turno se lleva a cabo el proceso de galvanización al completo, es decir todas sus etapas. Por ello una vez que se producen cada una de las mezclas en las diferentes etapas, en el ambiente aparecen riesgos higiénicos que vienen dadas por el desprendimiento de nieblas ácidas y vapores producidos por el hidróxido de sodio (NaOH), Cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ), cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ), aluminio (Al), Plomo (Pb), zinc fundido (Zn).

*Diagrama de flujos de emisiones atmosféricas*



### 3.6.1. Desengrase alcalino

Como ya sabemos esta etapa la utilizamos para asegurarnos de que la pieza no presente algún resto de grasa o aceite adherido a su superficie, después de la mecanización de la pieza.

El proceso se realiza manualmente (ya que las piezas no tienen un tamaño importante), el operario introduce las piezas en una solución alcalina en caliente, este proceso se encuentra a unos 450 °C, donde la pieza recupera sus propiedades iniciales.



El operario se encuentra expuesto en todo momento a temperatura del proceso, es decir, a temperaturas demasiado elevadas, además de los contaminantes que hay en el ambiente debido a los humos expulsados de la cuba con la mezcla alcalina.

Cuando las piezas han estado sumergidas en la solución alcalina durante el tiempo que ha sido especificado y necesario para obtener los resultados finales, el operario se encarga de sacarlas de la cuba.

Una vez finalizado este proceso, el operario se encarga de recogerla para supervisarla, es decir la somete a inspección técnica para comprobar que se han alcanzado los objetivos previstos en el recubrimiento, no quedando ningún defecto visual en la superficie externa como interna. Posteriormente lleva las piezas metálicas a su correspondiente lavado que se realiza con agua corriente.

El desengrase tiene una duración entre diez y quince minutos.

Mientras que se realiza el desengrase el empleado durante su jornada laboral, que será de cuarenta horas semanales, llevará obligatoriamente ropas permeables, guantes, mascarar, calzado de seguridad, para evitar cualquier contacto con la piel con el hidróxido de sodio.

### **3.6.2. Decapado**

El decapado lo utilizábamos para eliminar el oxido y poder obtener así una superficie metálica químicamente limpia.

Para ello el operario introduce la pieza que ya ha finalizado su etapa anterior, en una cuba que contiene ácido clorhídrico a temperatura ambiente.

El trabajador tendrá que estar observando el tiempo de inmersión en esta mezcla, ya que depende de la cantidad de oxidación que contenga la pieza. Normalmente en un intervalo de 35 – 40 °C ambientales. Cuando las piezas estén el tiempo necesario, el operario las sacara de la cuba para llevarlas a su posterior lavado que se realiza con agua corriente.

En esta etapa el operario está expuesto a los humos que salen de la cuba, los cuales pueden resultar perjudiciales para su salud.

Mientras que realiza su jornada laboral que será de cuarenta horas semanales llevara obligatoriamente puesto ropa impermeable, guantes, caretas (mínimo de ocho pulgadas), calzado de seguridad, para evitar cualquier contacto con la piel de nielas de cloruro de hidrogeno.

El tiempo de duración de esta etapa, donde las piezas están inertes en ácido clorhídrico (HCl) será de dos horas.



*Figura 3.1. Operario realizando la mezcla con ácido clorhídrico*

### **3.6.3. Baño de Zinc (Galvanizado)**

Las piezas a galvanizar se sumergen en el baño de zinc a una temperatura de 450 °C. Hay que tener especial cuidado con la inmersión que realiza el operario y el escurrido de zinc, es una operación lenta y delicada. El operario se encargara de recoger las piezas que provienen del lavado para introducirlas en la cuba de zinc. Tendrá que estar pendiente del tiempo de inmersión y a su vez, se encuentra expuesto a temperaturas muy elevadas, ya que el baño se realiza en el interior de un horno para que alcance los 450 °C. Una vez completada la mezcla, este sacara fuera del recipiente de acero las piezas, donde estaban sumergidas con la solución, para su posterior lavado o enjuague que se realizará con agua corriente.

Mientras que el operario realiza todas estas tareas durante su jornada laboral que tiene una duración de cuarenta horas semanales deberá llevar puesto obligatoriamente ropa totalmente impermeable, guantes, caretas, calzado de seguridad para evitar el contacto con la piel de las nieblas de que forman los diferentes compuestos inorgánicos de esta etapa. Estas nieblas contaminan el ambiente de trabajo del operario lo que puede causar un riesgo para su salud.

El tiempo de exposición será aproximadamente unos dieciséis minutos.



*Figura 3.2. Operarios realizando el baño de Zinc*

#### **3.6.4. Pasivado**

Cuando finaliza la etapa de galvanizado el operario se encargará de recoger las piezas y llevarlas a la etapa siguiente que finaliza nuestro proceso de producción. El pasivado se utilizara para evitar que el producto se oxide y se produzcan cambios de color en la pieza y para que siempre tenga un aspecto brillante aún cuando este en contacto con el aire. Estas estarán almacenadas a la intemperie esperando a que sean demandadas por el cliente, por eso es conveniente aplicar este baño en ácido nítrico.

El operario las sumergirá en la mezcla con ácido nítrico durante veinte minutos. Cuando finalice el tiempo el trabajador las retirara de la cuba dejándolas en la zona de secado, donde se secaran a temperatura ambiente.

Mientras que el operario realiza todas estas tareas durante su jornada laboral que tiene una duración de cuarenta horas semanales deberá llevar puesto obligatoriamente ropa totalmente impermeable, guantes, caretas, calzado de seguridad para evitar el contacto

con la piel de las nieblas de que forman los diferentes compuestos inorgánicos de esta etapa. Estas nieblas contaminan el ambiente de trabajo del operario lo que puede causar un riesgo para su salud.

### **3.6.5. Otras etapas del proceso**

Además de estas etapas expuestas anteriormente también hay que tener en cuenta, que entre ellas hay lavados de cinco minutos cada uno, un enfriamiento o secado de doce horas a temperatura ambiente y una inspección que realiza el operario de turno, añadido al departamento de calidad y técnico de la empresa que tiene una duración de ocho horas normalmente. Con lo que el proceso de fabricación de herrajes para puertas tiene una **duración total de veinte y cuatro horas treinta minutos.**

## **3.7. MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRAS**

A continuación pasamos a describir los diferentes tipos de toma de muestra para los distintos elementos que aparecen el tratamiento térmico para piezas metálicas para puertas. Para ello nos basaremos en evaluar los diferentes agentes químicos que intervienen en cada una de las etapas del proceso de producción.

En consecuencia en este apartado describiremos y enunciaremos los métodos de toma de muestra que intervienen en nuestro ambiente de trabajo y afectan a nuestros operarios, según el Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo (INSHT).

### **3.7.1. Descripción de los diferentes Métodos de muestra utilizados**

#### **3.7.1.1. Determinación simultánea de aniones de ácidos inorgánicos en aire**

La determinación de los ácidos que intervienen en el proceso, se llevará a cabo mediante el método de muestreo **MTA/MA-019/A90** (ver anexos). El ácido que aparece en el proceso es el ácido clorhídrico (HCl), en la segunda y última etapa del tratamiento térmico, decapado y pasivado respectivamente.

En este método se describe el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación en el aire de los puestos de trabajo de la concentración de ácido inorgánico. Se utilizarán tubos de gel de sílice y el análisis será por cromatografía iónica de concentraciones de  $0,01 \text{ mg/m}^3$  a  $5 \text{ mg/m}^3$  para una muestra de 50 l de aire.

El límite superior del intervalo dependerá de la capacidad de gel de sílice utilizado y el límite inferior del intervalo útil dependerá de varios factores como: nivel de ruido del detector, blancos de muestras y de reactivos, eficacia de desorción y las interferencias en el análisis cromatográfico.

En el análisis de la muestra se utilizarán bombas de bajo caudal de 0,3 l/min durante una hora, haciendo pasar la cantidad de muestra conocida de aire a través de un tubo relleno de gel de sílice, para posteriormente ser analizado mediante un cromatógrafo iónico con detector de conductividad.

### **3.7.1.2. Determinación de metales y sus componentes iónicos en aire**

La determinación de los humos metálicos procedentes del tratamiento superficial aplicado en este proceso, en la etapa de galvanizado (baño de zinc), se llevará a cabo mediante el método de muestreo **MTA/MA-025/A92** (ver anexos). Los elementos que aparecen en la etapa de galvanizado son el aluminio, el zinc y el plomo.

Se pasará la cantidad de aire por un filtro de membrana de ésteres de celulosa para recoger los compuestos metálicos que afectan al ambiente del trabajador. El filtro contiene ácido nítrico concentrado. Posteriormente los metales presentes se solubilizan y la disolución se aspira a la llama de un espectrofotómetro de absorción atómica.

### **3.7.1.3. Determinación del plomo en orina**

Para la determinación de la cantidad de plomo (Nº CAS 7439-92-1) que puede haber en la orina de un operario durante su jornada laboral, utilizaremos la espectrofotometría de absorción atómica con llama. El método de muestreo que utilizaremos será el **MTA/MB-013/A87** (ver anexos).

La muestra se recogerá en un frasco de polietileno, utilizando ácido nítrico como conservante.

#### **3.7.1.4. Determinación del plomo en sangre**

Para la determinación de la cantidad de plomo que hay en sangre en un operario durante la etapa de galvanizado y como puede afectar a su salud, utilizaremos el método de muestreo **MTA/MB-012/A87** (ver anexos).

Este método se basa en la recogida de sangre en tubos de polietileno con heparina como anticoagulante. Utilizaremos la espectrofotometría de Absorción Atómica.

#### **3.7.1.5. Determinación del Hidróxido sódico en aire**

Para determinar la cantidad de hidróxido de sodio que hay en el ambiente donde se encuentra expuesto el operario en la primera etapa del proceso, desengrase alcalino, se llevará a cabo según la norma HA-218 Método para la determinación de hidróxido de sodio en aire. Diciembre, 1981. (INSHT).

Este muestreo se realizará haciendo pasar la cantidad de sosa a través de un filtro de membrana de celulosa. Utilizaremos Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

### **3.7.2. Descripción de las diferentes técnicas analíticas utilizadas**

#### **3.7.2.1. Cromatografía iónica**

**La cromatografía de intercambio iónico** (o cromatografía iónica) es un proceso que permite la separación de iones y moléculas polares basadas en las propiedades de carga de las moléculas. Puede ser usada en casi cualquier tipo de molécula cargada, incluyendo grandes proteínas, pequeños nucleótidos y aminoácidos. La solución que debe inyectarse es usualmente llamada "muestra" y los componentes separados individualmente son llamados analitos. Es usada a menudo en purificación de proteínas, análisis de agua o control de calidad.

La cromatografía de intercambio iónico conserva los analitos basándose en las interacciones de Coulomb. La fase estacionaria muestra en la superficie grupos funcionales iónicos que interactúan con iones de carga opuesta del analito. Este tipo de cromatografía se subdivide a su vez en la cromatografía de intercambio catiónico y cromatografía de intercambio aniónico:

- La cromatografía de intercambio catiónico retiene cationes cargados positivamente debido a que la fase estacionaria muestra un grupo funcional cargado negativamente, como un ácido fosfórico.
- La cromatografía de intercambio de aniones retiene aniones usando grupos funcionales cargados positivamente, como un catión de amonio cuaternario.



*Figura 3.3. Cromatografo de gases*

#### **3.7.2.1.1. Separación de proteínas**

Las proteínas tienen numerosos grupos funcionales que tienen cargas positivas y negativas. La cromatografía de intercambio iónico separa las proteínas de acuerdo a su carga neta, la cual depende la composición de la fase móvil. Ajustando el pH o la concentración de iones de la fase móvil, varias moléculas de proteína pueden ser separadas. Por ejemplo, si la proteína tiene una carga positiva con un pH de 7, entonces puede unirse a una columna cargada negativamente, mientras que una proteína con carga negativa no lo podría hacer. También podría eliminarse cambiando el pH para que la carga neta de la proteína sea negativa.

La elución por el cambio de la fuerza iónica en la fase móvil tiene un efecto más sutil, trabaja como iones de la fase móvil interactuando con los iones inmovilizados en preferencia sobre estos en la fase estacionaria.

### 3.7.2.1.2. Técnica utilizada

Una muestra es introducida, de forma manual o con autosampler, dentro de un ciclo de muestras de volumen conocido. Una solución buffer acuosa conocida como fase móvil del bucle a la columna que contiene alguna forma de material en fase estacionaria. Esto es típicamente una resina o matriz de gel que consiste en agarosa o celulosa unido a grupos funcionales cargados. Los analitos objetivo (aniones o cationes) son conservados en la fase estacionaria pero pueden ser eliminados incrementando la concentración de especies de similar carga que pueden desplazar los iones analitos de la fase estacionaria. Por ejemplo, en la cromatografía de intercambio catiónico, los analitos cargados positivamente pueden ser desplazados agregando iones de sodio cargados positivamente. Los analitos de interés pueden entonces ser detectados de varias maneras, típicamente por conductividad o por absorción de luz UV/Visible.

Para controlar un sistema CI, usualmente es necesario un Sistema de Datos Cromatográficos (Chromatography Data System, CDS). Además de los sistemas CI, algunos de estos CDS también pueden controlar sistemas de cromatografía de gas y HLPC. (35) (36)

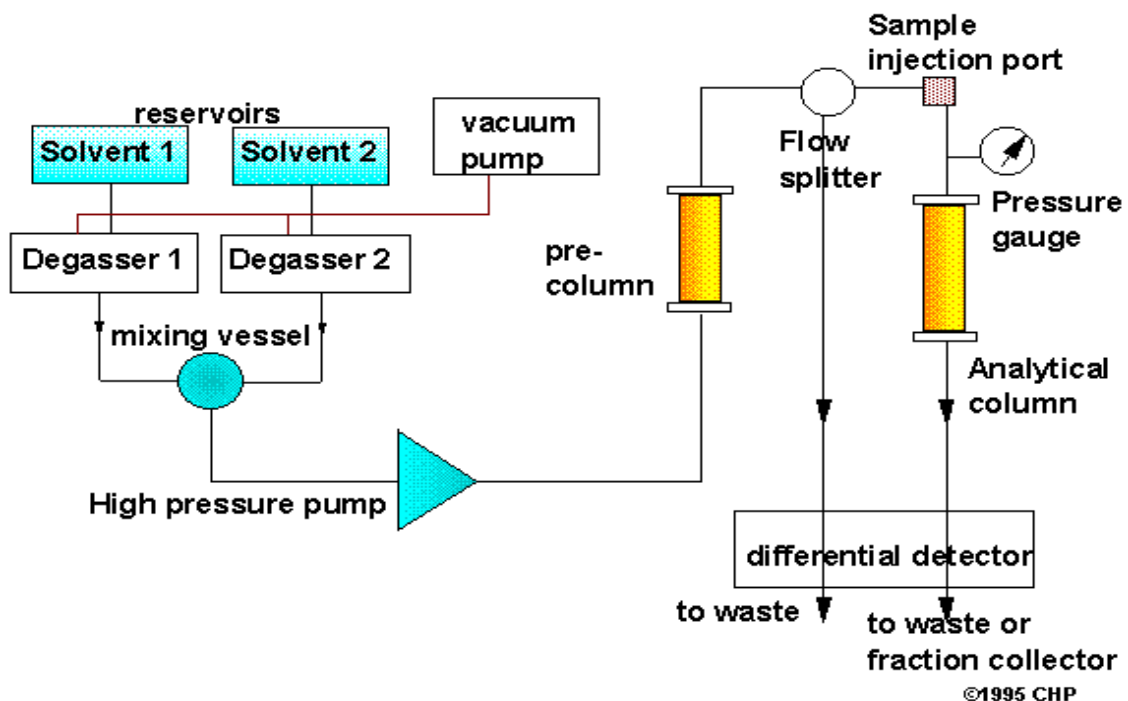


Figura 3.4. Diagrama de cromatografía iónica



### 3.7.2.2. Espectrometría de absorción atómica

La espectrofotometría es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia.



*Figura 3.5. Equipo de Espectrofotometría de absorción*

Todas las sustancias pueden absorber energía radiante, incluso el vidrio que parece ser completamente transparente absorbe radiación de longitudes de ondas que no pertenecen al espectro visible; el agua absorbe fuertemente en la región del infrarrojo.

La absorción de las radiaciones ultravioletas, visibles e infrarrojas depende de la estructura de las moléculas, y es característica para cada sustancia química. Cuando la luz atraviesa una sustancia, parte de la energía es absorbida; la energía radiante no puede producir ningún efecto sin ser absorbida.

El color de las sustancias se debe a que éstas absorben ciertas longitudes de onda de la luz blanca que incide sobre ellas y solo dejan pasar a nuestros ojos aquellas longitudes de onda no absorbidas.

La espectrofotometría ultravioleta-visible usa haces de radiación del espectro electromagnético, en el rango UV de 80 a 400 nm, principalmente de 200 a 400 nm y en el de la luz visible de 400 a 800 nm, por lo que es de gran utilidad para caracterizar los materiales en la región ultravioleta y visible del espectro.

Al campo de luz ultravioleta de 200 a 400 nm se le conoce también como rango de uv cercano, la espectrofotometría visible solamente usa el rango del campo electromagnético de la luz visible, de 400 a 800 nm.

Además, no está de más mencionar el hecho de que la absorción y la transmitancia de luz, depende tanto de la cantidad de la concentración, como de la distancia recorrida.

A continuación explicamos las dos leyes más importantes que influyen en la espectrofotometría.

#### **3.7.2.2.1. Ley de Beer**

La Ley de Beer declara que la cantidad de luz absorbida por un cuerpo depende de la concentración en la solución.

Por ejemplo, en un vaso de vidrio tenemos agua con azúcar disuelta y en otro vaso tenemos la misma cantidad de agua pero con mayor cantidad de azúcar en solución. El detector es una celda fotoeléctrica, y la solución de azúcar es la que se mide en su concentración.

Según la ley de Beer, si hiciéramos que un rayo de luz atravesara el primer vaso, la cantidad de luz que saldría del otro lado sería mayor que si repitiéramos esto en el segundo; ya que en el segundo, las ondas electromagnéticas chocan contra un mayor número de átomos o/y moléculas y son absorbidos por estos.

#### **3.7.2.2.2. Ley de Lambert**

La Ley de Lambert enuncia que la cantidad de luz absorbida por un objeto depende de la distancia recorrida por la luz.

Por ejemplo, retomando el ejemplo de los vasos, pero ahora, pensemos que ambos tiene la misma cantidad de agua y la misma concentración de azúcar, pero, el segundo tiene un diámetro mayor que el otro.

Según la ley de Lambert, si hiciéramos que un rayo de luz atravesara el primer vaso, la cantidad de luz que saldría del otro lado sería mayor que si repitiéramos esto en el segundo; ya que en el segundo, las ondas electromagnéticas chocan contra un mayor número de átomos o/y moléculas y son absorbidos por estos; de la misma forma que se explicó en la ley de Beer.

### 3.8. ESTRATEGIA DE MUESTREO

A la hora de decidir el número mínimo de muestras que debemos tomar, debemos de tener en cuenta que estas vendrán fijadas por el tiempo de duración individual de las mediciones y la planificación de las mediciones según los modelos que se recogen en el apartado siguiente. Como criterio orientativo, se puede utilizar el que propone la norma UNE-EN 689, válido cuando el periodo de exposición es uniforme (no se esperan fluctuaciones importantes de concentración). Éste se basa en obtener un número de mediciones que representen, como mínimo, el 25% del tiempo de exposición. Aplicando criterios estadísticos, se puede reducir el número de mediciones de forma que los resultados ofrezcan fiabilidad suficiente. El número mínimo de ellas es función del tipo de medición. La tabla 2 recoge la recomendación UNE-EN 689.

TABLA 2  
Nº MÍNIMO DE MEDICIONES POR JORNADA (UNE-EN 689, ANEXO A)\*

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición puntual.	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos)	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores. etc.	8	4
30 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores. etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1

\* La exposición debe ser uniforme.

Figura 3.6. Número mínimo de mediciones por jornada según norma UNE-EN 689

(37)

### **3.8.1. SISTEMA DE DECISIÓN DE UN NÚMERO DE MUESTRAS**

Normalmente el proceso de evaluación de la exposición por inhalación se iniciará con la recopilación de los datos necesarios para definir las condiciones en las que se realizará la medición de la concentración ambiental, y con la ejecución de estas mediciones, para ello nos basaremos en la norma UNE-EN 689 *“Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición”*.

La comparación de los resultados obtenidos con los Valores Límite Ambiental, tanto los definidos para exposiciones diarias (VLA-ED) como los aplicables a periodos cortos de exposición (VLA-EC), deberá permitir obtener unas conclusiones sobre la exposición, lo que conducirá a decisiones sobre la actividad preventiva a desarrollar en el futuro inmediato.

Es necesario tener prevista de antemano la posibilidad de no poder alcanzar una conclusión definitiva sobre la necesidad de intervenir para corregir una exposición. El origen de la indeterminación en las conclusiones reside en el hecho de que la concentración en aire de un agente químico es una magnitud muy variable a lo largo del tiempo, ahora bien, al realizar una evaluación de la exposición por inhalación únicamente se obtienen datos sobre el ambiente laboral durante un periodo de tiempo limitado y, en consecuencia, es posible que con esa información limitada en el tiempo no se pueda obtener una conclusión definitiva respecto al futuro.

Por ejemplo, para poder asegurar que una exposición respeta un valor límite de tipo VLA-ED se debe garantizar que en todas y cada una de las jornadas durante toda la vida laboral la concentración ponderada referida a un periodo de 8 horas es inferior al valor VLA-ED, pero no siempre es posible llegar a esta conclusión, ni tampoco a la contraria, basándose en los datos obtenidos en unos pocos días de medición.

(37)

### **3.9. APARATOS Y MATERIAL EMPLEADO EN LOS MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA**

A continuación vamos a describir el equipo que vamos a tener que utilizar para llevar a cabo las mediciones en los métodos de muestra. Cada muestra hemos de resaltar que comprenderá un número determinado de mediciones. Finalmente hemos de indicar, que

a este material habrá que sumar los correspondientes blancos de muestra según las normas de cada método de muestra, como ya hemos indicado anteriormente.

### **3.9.1. Cromatografía iónica. Método de toma de muestra MTA/MA-019/A90**

La determinación de la cantidad de ácido clorhídrico procedente de los procesos de decapado y pasivado, se llevarán a cabo mediante la cromatografía iónica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma UNE-EN 689, necesitaremos:

- Una bomba de muestreo portátil.
- Tubo de goma o plástico para conectar los tubos de sílice a la bomba.
- Tubos de vidrio de 11 cm de longitud, 7 mm de diámetro externo y 4,8 mm de diámetro interno, conteniendo dos secciones de gel de sílice separadas por una porción de espuma de poliuretano. La primera sección contiene 400 mg de gel de sílice 20/40 mallas y la segunda 200 mg. Delante de la primera sección se coloca un tapón de lana de vidrio silanizada.
- Los tubos tendrán que disponer de tapones de polietileno que ajusten bien, para prevenir fugas durante el transporte y almacenamiento de las muestras.
- Medidor de burbuja de jabón para calibrar la bomba.
- Se dispondrá de algún elemento de sujeción para mantener el tubo de muestreo en posición vertical en la zona de respiración del trabajador. (39)

### **3.9.2. Espectrofotometría de absorción atómica. Método de toma de muestra MTA/MA-025/A92.**

La determinación de la cantidad de aluminio y zinc que hay en los procesos de galvanizado y pasivado se llevará a cabo mediante la Espectrofotometría de absorción atómica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma UNE-EN 689, necesitaremos:

- Filtros, de 37 mm de diámetro, con una eficacia de retención no inferior al 99% para partículas de diámetro aerodinámico medio de 0,3  $\mu\text{m}$ . Los filtros más adecuados son los de membrana de ésteres de celulosa de 0,8  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro.
- Portafiltros, de 2 ó 3 cuerpos, de poliestireno, compatible con el filtro y el equipo de muestreo utilizado y conteniendo un soporte de celulosa. El diámetro

del orificio de entrada del aire en el portafiltros será al menos de 4 mm para evitar el efecto de pared.

- Tubo flexible, de plástico o goma para conectar a la bomba de muestreo y al portafiltros, de longitud y diámetro adecuados a fin de evitar estrangulamientos y fugas en las conexiones.
- Bombas de muestreo adecuadas para el uso con el procedimiento de muestreo establecido, con posibilidad de regulación del caudal y capacidad para mantenerlo constante dentro de un intervalo de  $\pm 5\%$  del valor nominal, durante todo el tiempo de muestreo. Las bombas que se utilizaran durante el análisis tendrán un caudal de 0,3 l/min.
- Medidor de caudal de burbuja de jabón para la calibración de la bomba.
- Barómetro
- Termómetro
- Cronómetro

(40)

### **3.9.3. Espectrofotometría de absorción atómica. Método de toma de muestra MTA/MB-018/A94.**

Para determinar la cantidad de cromo que hay en la orina del trabajador, y valorar los efectos toxicológicos que puede producir este compuesto inorgánico sobre la salud del operario aplicaremos la Espectrofotometría de absorción atómica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma UNE-EN 689, necesitaremos:

- Un muestreador personal.
- Frascos de polietileno de 25 ml de capacidad, exentos de cromo.
- Cubiletes desechables de poliestileno, de fondo cónico y de 2 ml de capacidad.
- Tubos de grafito pirolizados, de 28 mm de longitud y 6 mm de diámetro interno.
- Agitador.
- Pipetas aromáticas y dosificadores.
- Material de vidrio de borosilicato 3.3.
- Cámara de grafito.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

(41)

#### **3.9.4. Espectrofotometría de absorción atómica. Método de toma de muestra MTA/MB-013/A987.**

Para determinar la cantidad de plomo que hay en la orina del trabajador, y valorar los efectos toxicológicos que puede producir este compuesto inorgánico sobre la salud del operario aplicaremos la Espectrofotometría de absorción atómica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma UNE-EN 689, necesitaremos:

- Un muestreador personal.
- Muestras de orina, preferentemente de las 24 horas anteriores.
- Frascos de polietileno de 2l que contienen 0,5 ml de ácido nítrico concentrado.
- Agitador.

(42)

#### **3.9.5. Espectrofotometría de absorción atómica. Método de toma de muestra MTA/MB-012/A987.**

Para determinar la cantidad de plomo que hay en la sangre del trabajador, y valorar los efectos toxicológicos que puede producir este compuesto inorgánico sobre la salud del operario aplicaremos la Espectrofotometría de absorción atómica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma UNE-EN 689, necesitaremos:

- Un muestreador personal.
- Muestra de sangre venosa de 5 ml.
- Jeringa de polietileno o poliestireno.
- Tubos de polietileno de 5 ml con Heparina como anticoagulante.

(43)

#### **3.9.6. Espectrofotometría de absorción atómica. Según norma HA-218, Determinación de la cantidad de hidróxido sódico.**

La determinación de la cantidad de hidróxido de sodio procedente del proceso de la etapa de desengrasado alcalino, se llevarán a cabo mediante la cromatografía iónica. Para realizar cada muestra por puesto de trabajo, según la norma HA-218, necesitaremos:

- Bomba para muestreo personal.
- Filtro de celulosa de 37 mm de diámetro y 0,8 micras de tamaño de poro.
- Soporte de celulosa.
- Portafiltros.
- Tubo flexible.
- Cronómetro
- Termómetro y manómetro.
- Para captar nieblas de hidróxido de sodio, tómesese la muestra de aire a un caudal de 2 l/min.
- El volumen del aire recomendado es de 100 litros.

### 3.10. RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

A continuación mostramos los resultados obtenidos de la toma de muestras de los diferentes elementos que intervienen el proceso productivo.

#### MUESTRA 1

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 1	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0025
	Zinc			0,0073
	Aluminio			0,0065
	Plomo			0,0078
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0035
	Ácido clorhídrico			0,00384



## MUESTRA 2

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 2	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0023
	Zinc			0,0072
	Aluminio			0,0065
	Plomo			0,0081
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0042
	Ácido clorhídrico			0,00444

## MUESTRA 3

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 3	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0045
	Zinc			0,0086
	Aluminio			0,0045
	Plomo			0,0064
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0038
	Ácido clorhídrico			0,00374

## MUESTRA 4

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 4	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0051
	Zinc			0,0053
	Aluminio			0,0075
	Plomo			0,0078
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0046
	Ácido clorhídrico			0,00494

## MUESTRA 5

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 5	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0078
	Zinc			0,0083
	Aluminio			0,0093
	Plomo			0,0089
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0042
	Ácido clorhídrico			0,00394

## MUESTRA 6

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 6	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0082
	Zinc			0,0086
	Aluminio			0,0069
	Plomo			0,0084
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0042
	Ácido clorhídrico			0,00547

## MUESTRA 7

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 7	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0198
	Zinc			0,0273
	Aluminio			0,0165
	Plomo			0,0178
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0135
	Ácido clorhídrico			0,0138

## MUESTRA 8

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 8	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0095
	Zinc			0,0081
	Aluminio			0,0084
	Plomo			0,0096
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0047
	Ácido clorhídrico			0,0056

## MUESTRA 9

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 9	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0098
	Zinc			0,0084
	Aluminio			0,0178
	Plomo			0,0188
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0235
	Ácido clorhídrico			0,0054

## MUESTRA 10

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 10	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,75
	Zinc			0,0673
	Aluminio			0,0065
	Plomo			0,0078
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0035
	Ácido clorhídrico			0,00384

## MUESTRA 11

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 11	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0725
	Zinc			0,0086
	Aluminio			0,0147
	Plomo			0,0168
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0167
	Ácido clorhídrico			0,0212

## MUESTRA 12

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 12	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0026
	Zinc			0,0074
	Aluminio			0,0066
	Plomo			0,0079
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0034
	Ácido clorhídrico			0,0039

## MUESTRA 13

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 13	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0079
	Zinc			0,0085
	Aluminio			0,0065
	Plomo			0,0097
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0038
	Ácido clorhídrico			0,0054

## MUESTRA 14

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 14	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0056
	Zinc			0,0097
	Aluminio			0,0066
	Plomo			0,0098
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0041
	Ácido clorhídrico			0,0063

## MUESTRA 15

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 15	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0096
	Zinc			0,0107
	Aluminio			0,0066
	Plomo			0,0109
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0051
	Ácido clorhídrico			0,0073

## MUESTRA 16

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 16	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0356
	Zinc			0,0197
	Aluminio			0,0076
	Plomo			0,0098
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0061
	Ácido clorhídrico			0,0263

## MUESTRA 17

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 17	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0253
	Zinc			0,0188
	Aluminio			0,0106
	Plomo			0,0098
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0057
	Ácido clorhídrico			0,0097

## MUESTRA 18

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 18	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0056
	Zinc			0,0097
	Aluminio			0,0066
	Plomo			0,0098
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0491
	Ácido clorhídrico			0,0063

## MUESTRA 19

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 19	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0356
	Zinc			0,0045
	Aluminio			0,0076
	Plomo			0,0458
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0071
	Ácido clorhídrico			0,0079

## MUESTRA 20

REFERENCIA MUESTRA	ANALITO	MATRIZ	TIPO DE ENSAYO	RESULTADO (mg)
Operario 20	Hidróxido de sodio	Filtro de membrana	Espectrofotómetro de absorción atómica	0,0056
	Zinc			0,0097
	Aluminio			0,0066
	Plomo			0,0098
	Ácido nítrico	Tubo de sílice	Cromatografía iónica	0,0041
	Ácido clorhídrico			0,0063

### 3.11. CÁLCULOS DE EXPOSICIONES DIARIAS

A continuación vamos a describir y mostrar todos parámetros que intervienen en los cálculos necesarios para poder determinar la exposición diaria de los contaminantes.

#### 3.11.1. Descripción de los parámetros que intervienen en los cálculos

##### *Concentración de un contaminante*

La concentración del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida en cada muestra, se obtiene de dividir la cantidad de muestra hallada en la matriz del método de muestra entre el volumen muestreado.

##### *Exposición diaria de un contaminante (ED)*

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas.

Así pues, la **ED** puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{c_i t_i}{8}$$

Siendo:

$c_i$ : La concentración  $i$ -ésima.

$t_i$ : tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor  $c_i$ .

### ***Exposición de corta duración (EC)***

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite. Lo habitual es determinar las **EC** de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las **EC** buscadas. No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos, la **EC** correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{c_i t_i}{15}$$

Siendo:

$c_i$ : La concentración  $i$ -ésima.

$t_i$ : tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor  $c_i$ .

### ***Tiempo de exposición***

Es el tiempo que los trabajadores están sometidos durante su jornada laboral a la acción del mismo; habitualmente se expresa en horas o minutos por jornada. La importancia de esta variable en la valoración del riesgo higiénico es notable en aquellos contaminantes que actúan a largo plazo, para los que la cuantificación de la exposición se expresa como producto del tiempo de exposición por la variable que expresa la cantidad de contaminante (concentración, densidad de energía, presión sonora, etc.).

#### **3.11.2. Cálculos realizados**

A continuación detallamos todos los cálculos efectuados para obtener la concentración de los distintitos contaminantes.

Para conocer las concentraciones de cada contaminante necesitamos conocer el volumen de aire que se ha hecho pasar en las bombas de aspiración en cada muestra.



$$V = Qxt$$

Donde V es el volumen de aire aspirado, Q es el caudal de aire y T es el tiempo de muestreo, donde, para la muestra 1:

Sustancia	Volumen (m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	$V = 2 \cdot 60 = 0,12$
Zinc	$V = 0,3 \cdot 60 = 0,018$
Aluminio	$V = 0,3 \cdot 60 = 0,018$
Plomo	$V = 0,3 \cdot 60 = 0,018$
Ácido nítrico	$V = 0,3 \cdot 15 = 0,0045$
Ácido clorhídrico	$V = 0,3 \cdot 15 = 0,0045$

### 3.11.3. Resultados de los cálculos de concentraciones y exposición diaria de los contaminantes

A continuación se muestran los resultados de la exposición máxima permitida, así como la conclusión de la exposición.

#### *Hidróxido de sodio*

Tiempo de exposición del trabajador → 40h/semana

Caudal de la bomba → Q=2l/min

Número mínimo de muestras → 2 muestras

Tiempo de exposición de la muestra → 60 minutos

Volumen de aire muestreado →  $V = Qxt = 2l/min \times 60min = 120 l$

#### *Zinc*

Tiempo de exposición del trabajador → 40h/semana

Caudal de la bomba → Q=0,3l/min

Número mínimo de muestras → 2 muestras

Tiempo de exposición de la muestra → 60 minutos

Volumen de aire muestreado →  $V = Qxt = 0,3l/min \times 60min = 18 l$

**Aluminio**

Tiempo de exposición del trabajador → 40h/semana

Caudal de la bomba →  $Q=0,3l/min$

Número mínimo de muestras → 2 muestras

Tiempo de exposición de la muestra → 60 minutos

Volumen de aire muestreado →  $V = Qxt = 0,3l/min \times 60 min = 18 l$

**Plomo**

Tiempo de exposición del trabajador → 40h/semana

Caudal de la bomba →  $Q=0,3l/min$

Número mínimo de muestras → 2 muestras

Tiempo de exposición de la muestra → 60 minutos

Volumen de aire muestreado →  $V = Qxt = 0,3l/min \times 60 min = 18 l$

**Ácido nítrico**

Tiempo de exposición del trabajador → 40h/semana

Caudal de la bomba →  $Q=0,3l/min$

Número mínimo de muestras → 8 muestras

Tiempo de exposición de la muestra → 15 minutos

Volumen de aire muestreado →  $V = Qxt = 0,3l/min \times 15 min = 4,5 l$

**Concentraciones de las muestras**

Muestra 1

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0208
Zinc	0,4056
Aluminio	0,3611
Plomo	0,4333
Ácido nítrico	0,7778
Ácido clorhídrico	0,8533

## Muestra 2

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0192
Zinc	0,4000
Aluminio	0,3611
Plomo	0,4500
Ácido nítrico	0,9333
Ácido clorhídrico	0,9867

## Muestra 3

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0375
Zinc	0,4778
Aluminio	0,2500
Plomo	0,3556
Ácido nítrico	0,8444
Ácido clorhídrico	0,8311

## Muestra 4

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0425
Zinc	0,2944
Aluminio	0,4167
Plomo	0,4333
Ácido nítrico	1,0222
Ácido clorhídrico	1,0978

## Muestra 5

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0650
Zinc	0,4611
Aluminio	0,5167
Plomo	0,4944
Ácido nítrico	0,9333
Ácido clorhídrico	0,8756

## Muestra 6

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0683
Zinc	0,4778
Aluminio	0,3833
Plomo	0,4667
Ácido nítrico	0,9333
Ácido clorhídrico	1,2156

## Muestra 7

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,1650
Zinc	1,5167
Aluminio	0,9167
Plomo	0,9889
Ácido nítrico	3,0000
Ácido clorhídrico	3,0667

## Muestra 8

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0792
Zinc	0,4500
Aluminio	0,4667
Plomo	0,5333
Ácido nítrico	1,0444
Ácido clorhídrico	1,2444

## Muestra 9

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0817
Zinc	0,4667
Aluminio	0,9889
Plomo	1,0444
Ácido nítrico	5,2222
Ácido clorhídrico	1,2000

## Muestra 10

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	6,2500
Zinc	3,7389
Aluminio	0,3611
Plomo	0,4333
Ácido nítrico	0,7778
Ácido clorhídrico	0,8533

## Muestra 11

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,6042
Zinc	0,4778
Aluminio	0,8167
Plomo	0,9333
Ácido nítrico	3,7111
Ácido clorhídrico	4,7111

## Muestra 12

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0217
Zinc	0,4111
Aluminio	0,3667
Plomo	0,4389
Ácido nítrico	0,7556
Ácido clorhídrico	0,8667

## Muestra 13

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0658
Zinc	0,4722
Aluminio	0,3611
Plomo	0,5389
Ácido nítrico	0,8444
Ácido clorhídrico	1,2000

## Muestra 14

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0467
Zinc	0,5389
Aluminio	0,3667
Plomo	0,5444
Ácido nítrico	0,9111
Ácido clorhídrico	1,4000

## Muestra 15

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0800
Zinc	0,5944
Aluminio	0,3667
Plomo	0,6056
Ácido nítrico	1,1333
Ácido clorhídrico	1,6222

## Muestra 16

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,2967
Zinc	1,0944
Aluminio	0,4222
Plomo	0,5444
Ácido nítrico	1,3556
Ácido clorhídrico	5,8444

## Muestra 17

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,2108
Zinc	1,0444
Aluminio	0,5889
Plomo	0,5444
Ácido nítrico	1,2667
Ácido clorhídrico	2,1556

## Muestra 18

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0467
Zinc	0,5389
Aluminio	0,3667
Plomo	0,5444
Ácido nítrico	10,9111
Ácido clorhídrico	1,4000

## Muestra 19

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,2967
Zinc	0,2500
Aluminio	0,4222
Plomo	2,5444
Ácido nítrico	1,5778
Ácido clorhídrico	1,7556



## Muestra 20

Contaminante	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
Hidróxido de sodio	0,0467
Zinc	0,5389
Aluminio	0,3667
Plomo	0,5444
Ácido nítrico	0,9111
Ácido clorhídrico	1,4000

### 3.11.4. Exposición máxima permisible y comparación con VLA

A continuación vamos a describir y mostrar todos los parámetros que intervienen en los cálculos necesarios para poder determinar si una exposición es aceptable o no.

#### 3.11.4.1. Descripción de los parámetros que intervienen en el cálculo de la exposición máxima permisible

Seguidamente vamos a describir los parámetros que intervienen en el cálculo de la exposición máxima permisible.

##### 3.11.4.1.1. Valor límite ambiental (VLA)

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire que, según los conocimientos actuales, la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

La mayoría (no la totalidad) de trabajadores, por la amplitud de diferencias de respuesta entre los individuos, tanto genéticos como hábitos.

Las vías de entrada del contaminante pueden ser por inhalación o vía dérmica.

##### Unidades

El valor límite para los gases o vapores se establece en **ml/m<sup>3</sup> (ppm)**, valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica pudiendo también expresarse en mg/m<sup>3</sup> para una temperatura de 20°C y 101,3 KPa valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m<sup>3</sup> se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$VLA \text{ en } \frac{mg}{m^3} = \frac{(VLA \text{ en ppm}) \cdot (\text{peso molecular del agente químico en gramos})}{24,04}$$

Siendo 24,04 el volumen molar en litros en condiciones estándar. (17)

#### **3.11.4.1.2. Valor límite ambiental. Exposición diaria (VLA-ED)**

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Se habla de la mayoría y no de la totalidad puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los VLA, e incluso resultar afectados más seriamente, sea por agravamiento de una condición previa o desarrollando una patología laboral.

Los VLA se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos de los estudios de experimentación animal y humana, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial.

#### **3.11.4.1.3. Exposición máxima permitida de un contaminante**

La exposición máxima permitida (EMP) de un contaminante, es un parámetro que vamos a utilizar para saber si con las concentraciones ambientales alcanzadas se está dentro de los límites máximos permitidos o por encima de ellos. Para ello usaremos la siguiente expresión:

$$EMP = \sum_{i=1}^n \frac{ED_i}{VLA - ED} \cdot \frac{T_i}{8}$$

Donde  $T_i$  es el tiempo diario de exposición.

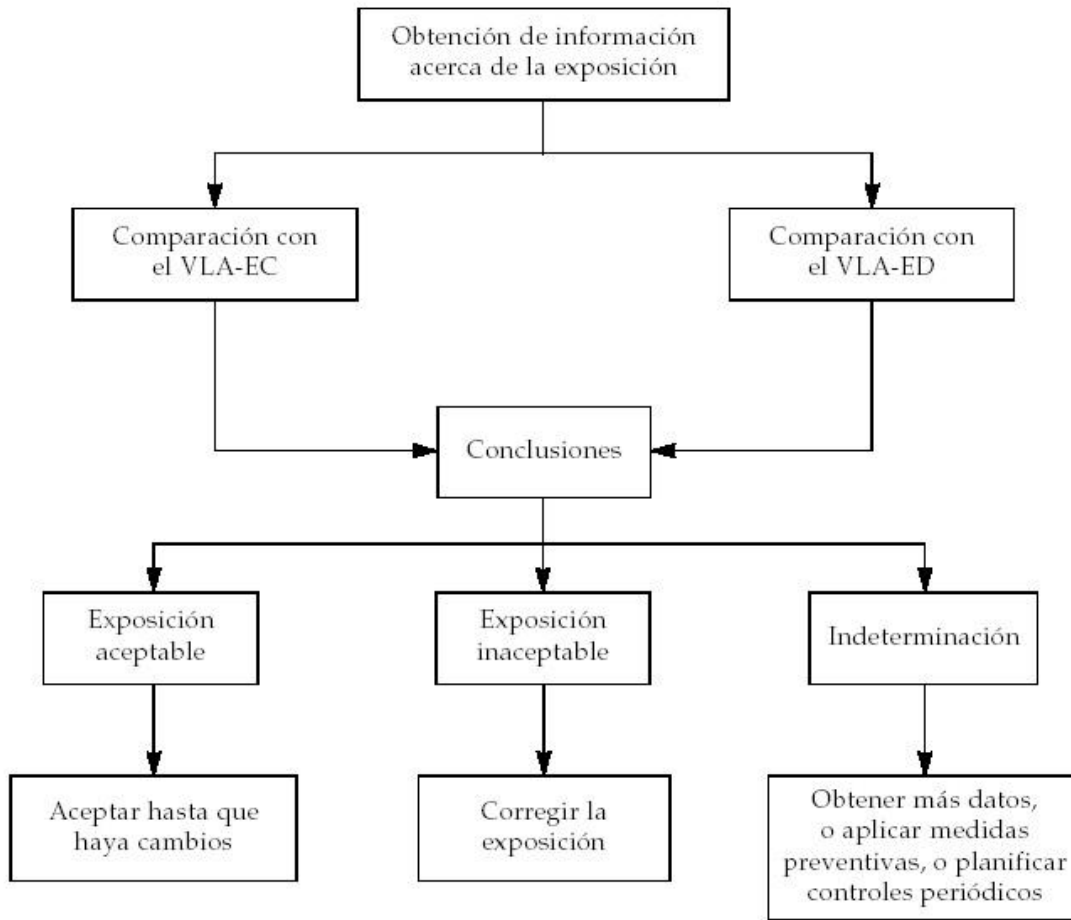


Figura 3.7. Esquema de actuación frente a la exposición

#### 3.11.4.2. Conclusiones de la exposición máxima permitida

A partir de los resultados de la exposición máxima permisible nos encontramos en diferentes casos:

- Si la  $EMP \leq 0,10$  la exposición es **aceptable**. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite en cualquier jornada de trabajo.
- Si la  $EMP > 1$  la exposición es **inaceptable** y se debe proceder a corregir la exposición.
- Si  $0.1 < EMP \leq 1$ , debe procederse a **obtener por lo menos dos valores más de ED** para disponer de un mínimo de tres índices de exposición y seguir el procedimiento que vamos a describir a continuación:

- Si  $EMP_1, EMP_2, EMP_3 \text{ y } \dots EMP_n \leq 0,25$ , la exposición es aceptable.
- Si  $EMP_1, EMP_2, EMP_3 \text{ o } \dots EMP_n > 1,00$ , la exposición es inaceptable. Habrá que corregir la exposición.
- Si  $EMP_1, EMP_2, EMP_3 \text{ y } \dots EMP_n \leq 1,00$ , pero no se cumple que cada  $EMP$  sea  $\leq 0,25$ , se procederá a calcular la media geométrica de las exposiciones máximas permitidas, donde  $I=EMP$ :

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times I_3 \times \dots \times I_n}$$

- Ahora si  $MG \leq 0,25$ , la exposición se considerará aceptable.
- Mientras que si  $MG > 0,25$ , no es posible alcanzar una conclusión definitiva. Puede optarse por obtener una nueva  $EMP$  y empezar el procedimiento desde el principio o detener el proceso de evaluación, concluyendo la necesidad de establecer un control periódico de la exposición, o bien implantar medidas específicas de prevención y repetir la evaluación después de su puesta en funcionamiento.

Teniendo esto en cuenta, las conclusiones pueden agruparse en tres categorías, a saber:

- Exposición aceptable: Significa que la exposición observada es de una magnitud tan pequeña que resulta prácticamente imposible que se superen los valores límite tanto en el periodo de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro. En estas condiciones se considera la situación como aceptable, lógicamente mientras que no haya cambios de la situación que puedan modificar la exposición.
- Exposición inaceptable: A esta conclusión puede llegarse bien porque las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables o bien porque, aunque no se hayan obtenido resultados superiores a los valores

límite, la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones no medidas directamente. En estas condiciones se considera la situación como no aceptable, y lógicamente, se deberá proceder a su corrección.

- Indeterminación: Significa que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores. Es decir, los resultados obtenidos en las mediciones no superan los valores límite pero no permiten concluir con una fiabilidad aceptable si se superarán en el futuro.

Es importante resaltar que la "indeterminación" no se refiere al resultado del procedimiento de evaluación de la exposición tal como se ha observado o medido, ya que en las mediciones realizadas no se superan los valores límite, pero frente a los riesgos originados por inhalación este hecho no es suficiente para evaluar correctamente una exposición. Como ya se ha indicado, es preciso concluir también respecto a la superación, o no superación, de los límites en las jornadas posteriores aunque no haya cambios en el proceso o condiciones de trabajo, y es a esta conclusión a la que afecta la indeterminación.

En este último caso se puede optar por:

- a. Aumentar el número de mediciones, hasta tener datos suficientes que permitan obtener alguna de las dos conclusiones bien definidas. Esta opción sólo será útil si es previsible que en un plazo de tiempo razonable se pueda alcanzar una conclusión que permita una buena planificación de medidas preventivas, no tiene sentido demorar innecesariamente la puesta en marcha de medidas preventivas con el argumento de que la exposición presente y futura no ha podido evaluarse de forma concluyente.
- b. Implantar directamente medidas de prevención y protección, teniendo en cuenta los datos disponibles respecto al proceso y la exposición, es decir, decidir "por el lado de la seguridad" aunque los datos disponibles no sean concluyentes.

- c. Planificar una vigilancia periódica de la concentración ambiental, con la finalidad de comprobar de forma segura que la exposición se mantiene por debajo de los límites de forma continuada a lo largo del tiempo. Esta será la opción más conveniente en la mayoría de circunstancias

#### 3.11.4.2.1. Mezcla de agentes químicos

Según establece el apéndice primero de la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos del Real Decreto 374/2001, los VLA se establecen para agentes químicos específicos y no para las mezclas de éstos. Sin embargo, cuando están presentes en el ambiente varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es su efecto combinado debe ser considerado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o bien independientes.

De acuerdo con lo anterior, la comparación con los valores límite ha de ser calculado mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^n \frac{ED_i}{VLA - ED_i}$$

Donde ED<sub>i</sub> representan las exposiciones a los distintos agentes presentes y VLA-ED<sub>i</sub> los valores límite respectivos.

Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLA-ED para la mezcla en cuestión. Dichos valores límites ambientales son los publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España.

**3.11.4.3. Resultados de los cálculos de exposición máxima permitida**

A continuación se muestran los resultados de la exposición máxima permitida, así como la conclusión de la exposición, en cada etapa del proceso de galvanizado de herrajes para puertas.

Valores límite ambientales INSHT 2012

LISTA DE VALORES LÍMITE AMBIENTALES DE APLICACIÓN OBLIGATORIA						
Nombre del agente	EINECS (1)	Nº CAS (2)	Valor Límite Ambiental para la exposición diaria VLA-ED		Valor Límite Ambiental para exposiciones de corta duración VLA-EC	
			mg/m <sup>3</sup> (3)	Ppm (4)	mg/m <sup>3</sup> (3)	Ppm (4)
Hidróxido de sodio	215-185-5	1310-73-2	-	-	2	-
Ácido clorhídrico	231-595-7	7647-01-0	5	7,6	10	15
Ácido nítrico	231-714-2	7697-32-2	0,1	-	1	2,6
Aluminio	231-072-3	7429-90-5	10	-	-	-
Plomo	231-100-4	7439-92-1	0,15	-	-	-
Zinc	744-066-6	231-175-3	5	-	-	10

(1) EINECS: European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances.  
(Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes)

(2) CAS : Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)

(3) mg/m<sup>3</sup> : Miligramos por metro cúbico de aire a 20 ° C y 101,3 kPa

(4) ppm : Partes por millón en volumen en el aire ( ml/m<sup>3</sup>)

Exposición máxima permitida (EMP)

Etapa	Contaminante	Exposición	Valoración	
Desengrase alcalino	Hidróxido sódico	0,073	< 0,1	Exposición aceptable
Decapado	Ácido Clorhídrico	0,3458	0,1>0,3458<1	<b>Exposición indeterminación</b>
Baño de zinc	Aluminio	0,0496	< 0,1	Exposición aceptable
	Zinc	0,0973	< 0,1	Exposición aceptable
	Plomo	0,0866	< 0,1	Exposición aceptable
Pasivado	Ácido nítrico	1,0572	> 1	<b>Exposición inaceptable</b>

Mezcla de agentes químicos en galvanizado

$\Sigma EMP = 0,0496 + 0,0973 + 0,0866 = 0,2335 > 0,1 \rightarrow$  **Exposición indeterminación**

Como esta exposición es inaceptable estamos en el caso de que  $0.1 < EMP \leq 1$ , por lo tanto debemos considerar tres muestras adicionales EMP1, EMP2, EMP3 si nos da un valor menor de 0,25 la exposición será aceptable.

Las muestras que tomamos para la mezcla de gases en la **etapa de galvanizado** son:

Sustancia	Aluminio	Plomo	Zinc
Muestra 1'	0,3611	0,0006	0,1278
Muestra 2'	0,2500	0,0017	0,1000
Muestra 3'	0,3833	0,0028	0,2000
EMP	0,2481	0,0285	0,0002

Como se observan en los nuevos resultados obtenidos cada una de las muestras tienen valores inferiores al valor de 0,25 por lo que la **exposición será aceptable**



En el decapado tenemos la misma situación que en el baño de sales, exposición indeterminación, por lo que repetimos el mismo proceso.

Sustancia	HCl
Muestra 1'	1,2444
Muestra 2'	1,2000
Muestra 3'	0,8533
EMP	0,2199

Realizando los cálculos de EPM obtenemos los valores de la tabla donde, la EMP = 0,2199.

Con lo que estamos en el caso:

Si  $EMP_1, EMP_2, EMP_3$  y.... $EMP_n \leq 1,00$ , pero no se cumple que cada EMP sea  $\leq 0,25$ , se procederá a calcular la media geométrica de las exposiciones máximas permitidas, donde  $I=EMP$ :

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times I_3 \times \dots \times I_n}$$

Con lo que sustituyendo valores obtenemos:

$$MG = \sqrt[3]{1,24 \cdot 1,2 \cdot 0,8533} = 1,08$$

$MG > 0,25 \longrightarrow$  **Exposición inaceptable.**

Pasaremos a proponer una solución para evitar que haya riesgos para la salud de los trabajadores.

## **Capitulo 4. Conclusiones de la evaluación higiénica**

De los resultados obtenidos en las mediciones y tras el cálculo del valor índice del índice de exposición, llegamos a la conclusión de que existe una situación clara de riesgo higiénico en el puesto del operario de decapado y pasivado. El problema aparece en las cubas donde se aplican ácidos inorgánicos para la eliminación de impurezas de los agentes químicos procedentes de etapas anteriores y el tratamiento posterior al proceso para evitar la oxidación de estas.

Además observamos que en la nave donde se llevan a cabo las diferentes etapas del proceso de galvanizado hay bastante mezcla de concentraciones por los diferentes agentes que se utilizan para el tratamiento por inmersión, así que aunque no superan los límites admisibles, se deberá vigilar la ventilación general de la nave, comprobando que esta funcione correctamente y si fuera necesario ampliar más extracción de aire.

Tras la evaluación de los agentes químicos, no se aprecia ningún tipo de riesgo higiénico para el resto de los contaminantes que aparecen en el proceso en los demás puestos de trabajo.

Por último la empresa debe llevar a cabo un estudio para sustituir los componentes por otros que hagan las mismas funciones, y no produzcan tantos efectos adversos a la salud del trabajador, incluso los últimos estudios realizados indican que podrían ser cancerígenos.

#### **4.1. Estudio del origen de la situación de riesgo higiénico por exposición a ácidos inorgánicos**

El origen de esta situación de riesgo higiénico en el proceso por inmersión, se observa claramente que se debe a la falta de un buen sistema de ventilación en la cuba de cloruro de hidrogeno y ácido nítrico, ya que están situadas en unas posiciones en las que no tiene ningún tipo de extracción localizada en las cercanías de las cubas. Lo que así disminuiríamos la exposición del trabajador del contaminante en el ambiente de trabajo. Actuando en el origen de producción del mismo evitaremos que éste se extienda por todo el ambiente de trabajo afectando al resto de los trabajadores.

Una vez seleccionado el sistema de extracción localizada, se vuelve a realizar una nueva evaluación higiénica, con el objetivo de comprobar que no haya más riesgo con la toxicidad de los contaminantes.

Por último el uso de EPI'S, donde las mascarillas son de gran importancia y utilizaremos el criterio de OSHA, para la protección respiratoria en la cuba de pasivado donde el material es inmerso en ácido nítrico.

Se utilizarán cuando la concentración de vapores sea inferior a  $250 \text{ mg/m}^3$ :

- Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa.
- Una mascarilla de gases tipo mentón o con un cilindro de vapores de ubicación frontal o posterior.

Si la concentración es superior a  $250 \text{ mg/m}^3$ :

- Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
- Una combinación de respirador que incluya un respirador de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva o flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.

Para la cuba de decapado donde el componente químico que presenta un riesgo para la salud del trabajador es el ácido clorhídrico también se recomienda el uso de EPI'S, además de las mascarillas concretas para el cloruro de hidrógeno que son:

Para concentraciones hasta 50 ppm utilizaremos:

- Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para gases ácidos.
- Cualquier respirador con suministro de aire proveído externamente.

## **Capítulo 5. Soluciones y recomendaciones**

A continuación vamos a proponer una solución para el riesgo higiénico encontrado en las cubas de decapado y pasivado.

## **5.1. SOLUCIONES**

Para evitar que haya tanta concentración de ácidos orgánicos en el ambiente del trabajador y dado que estos componentes pueden ser cancerígenos vamos a diseñar según las características de la nave una campana de extracción localizada, que pueda absorber el contaminante sin perjudicar ninguna operación del proceso a la hora de trabajar.

## **5.2. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPANA DE EXTRACCIÓN LOCALIZA**

La campana de extracción localizada está constituida por una estructura diseñada para confinar, total o parcialmente la operación que produce el contaminante que se precisa extraer.

La función esencial de una campana es crear un flujo de aire, en las proximidades del foco contaminante, que capture eficazmente el contaminante y lo transporte hacia la campana, abduciendo el contaminante antes de que se difunda al ambiente general del local de trabajo. Por tanto, el objetivo que se persigue, es lograr que en determinados puntos fijados, a priori la concentración de uno o varios contaminantes sea inferior a su valor establecido con anterioridad.

Los gases, vapores y humos no presentan una inercia significativa, al igual que las partículas pequeñas de polvo; este tipo de materiales se mueve si lo hace el aire que les rodea.

Igualmente, es de muy escaso valor el criterio de que el contaminante sea más pesado o más ligero que el aire; en general el contaminante se comporta como si fuese aire, no moviéndose por su densidad, sino siguiendo las corrientes de aire. El movimiento habitual del aire asegura una dispersión uniforme de los contaminantes, salvo en operaciones con gran desprendimiento de calor o frío, o cuando un contaminante es generado en gran cantidad y se logra controlarlo antes de que se disperse.

Las campanas se clasifican en cabinas, que encierran total o parcialmente el proceso o punto de generación del contaminante, como por ejemplo una campana de laboratorio o

la clásica cabina de pintura, y campanas exteriores como va a ser en este caso, que están situadas adyacentes al foco de contaminante pero sin encerrarlo, como por ejemplo las rendijas a lo largo de la boca de una cuba o una abertura rectangular sobre una mesa de soldadura.

Una variedad de campana exterior, es el sistema de impulsión-extracción donde se impulsa un chorro de aire por medio del foco contaminante, hacia la campana de extracción. El contaminante es regulado, principalmente, por el chorro, mientras que la función de la campana es recoger el chorro y aspirarlo, por ejemplo los sistemas utilizados en las cubas abiertas para tratamientos electrolíticos. Tiene que aplicarse un particular cuidado en su diseño y manejo pues es probable que el chorro de impulsión mal conducido aumente la exposición de los trabajadores, si no se maneja adecuadamente.

La eficacia de una campana estriba esencialmente en su capacidad para originar una velocidad de captación del aire en el foco de emisión del contaminante, suficiente para aspirarlo, evacuándolo del área de respiración del operario.

Los principios básicos que se deben tener en cuenta en el diseño de una extracción localizada son:

- Encerrar la fuente tanto como sea posible, ya que el caudal de aire a extraer será tanto menor cuanto más encerrado quede el foco contaminante en el interior de la campana. Por consiguiente el diseño geométrico de una campana deberá siempre perseguir el objetivo de encerrar al máximo el proceso en su interior, teniendo siempre presente las necesidades de un acceso adecuado al proceso.
- Capturar el contaminante con velocidad adecuada. La velocidad del aire a través de todas las aberturas de la campana debe ser lo bastante alta como para captar el contaminante. La importancia de la velocidad óptima de control y captura es uno de los puntos fundamentales en el diseño de este tipo de campanas.
- Extracción del contaminante fuera de la zona de respiración del operario. Las campanas deben situarse con respecto al foco contaminante, de tal forma que el flujo de aire se desplace del operario a la fuente del contaminante, para evitar que el operario respire aire contaminando.

- Suministro adecuado de aire. Todo el volumen de aire extraído debe ser reemplazado para no originar una depresión. Sin una causa de reposición adecuada, un sistema de extracción localizada no puede trabajar con el rendimiento esperado.
- Descarga del aire extraído lejos del punto de reposición, ya que todo el efecto de una extracción localizada puede malograrse por una recirculación hacia el interior del aire contaminando expulsado.
- Proveer una adecuada velocidad de transporte para las partículas. El transporte de material particulado debe realizarse a una velocidad de aproximadamente 5 a 10 m/s, para evitar la deposición de partículas en los conductos. El transporte de gases o vapores puede realizarse a velocidades inferiores.
- Igualar la distribución del flujo del aire a todo lo largo de las aberturas de campana. (46) (47)

### **5.3. DISEÑO DE LA CAMPANA DE EXTRACCIÓN LOCALIZADA**

En esta sección pasamos a diseñar el sistema de ventilación, sobre las cubas del proceso de galvanizado de 6 metros de longitud por 3 de ancho, cuyos cálculos se adjuntan en el correspondiente anexo de cálculos justificativos.

Como resultado, después de haber hecho los cálculos correspondientes vemos que tenemos que colocar tres campanas de extracción en el lateral de la nave, es decir, como la densidad de los contaminantes es mayor que la del aire, es necesario colocar la campana de extracción conforme a las necesidades del operario y así evitar que inhale vapores, colocando las campanas en los laterales de las cubas donde se realizan las mezclas con los componentes químicos.

Con un conducto de 30 metros de longitud de acero galvanizado de 1,5 metros de diámetro y un ventilador helicoidal tubular de marca SODECA para cada una de las campanas.



### 5.3.1. Procedimiento de diseño

En todos los sistemas de extracción localizada, emplean campanas de captación, un conjunto de conductos y accesorios, un sistema de tratamiento de purificación y el ventilador.

Se debe:

- a) Diseñar las campanas de captación de acuerdo a la operación a controlar y calcular el caudal de diseño.
- b) Establecer la velocidad mínima en los conductos de acuerdo a las velocidades de transporte.
- c) Calcular la sección del conducto dividiendo el caudal de diseño por la velocidad mínima.
- d) Determinar la longitud de cada tramo recto y el número, tipos de codos y empalmes necesarios. Un tramo de conducto se define como un conducto de dimensiones generalmente uniformes, que une dos puntos de interés, como campanas con codos o empalmes.

### 5.3.2. Cálculo del caudal de aspiración

En este apartado calcularemos los caudales a ser aspirados por cada una de las campanas conectadas a los conductos, que se calcularán mediante la expresión de cálculo de caudales de las campanas.

La ecuación de continuidad del caudal volumétrico se expresa como:

$$Q = V \cdot A \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$Q = V \cdot (N \cdot d^2 + A)$$

Donde:

**Q**: caudal de aire volumétrico en (m<sup>3</sup>/s)

**v** : velocidad del aire en el conducto en (m /s) y

**A**: área de la sección del conducto en (m<sup>2</sup>)

**d**: es el lado más corto de la cuba (3 m)

**N**: número de renovaciones horarias. En este caso tomaremos, N = 10 renovaciones/hora

La velocidad ( $v$ ) del aire en la boca de la campana será la necesaria para vencer las corrientes contrarias y arrastrar los diferentes contaminantes que hay en el ambiente. Según el tipo de trabajo tendremos distintos tipos de composiciones ambientales que se muestran en la siguiente tabla.

Puesto de trabajo	$v$
Gases o vapores	0,25 a 0,5
Gases soldadura	0,5 a 1
Caldera de vapor	0,75
Estufa barnizada	1 a 1,25
Taladro	2

En nuestro caso nos encontramos entre los valores de 0,25 a 0,5. Tomaremos un valor intermedio entre ambos como por ejemplo 0,30 m/s.

Siendo la cuba de 6 metros de largo por 3 de ancho y 2 metros de altura obtenemos que su sección de de  $36 \text{ m}^2$ .

Sustituyendo obtenemos un caudal total  $Q = 37,8 \text{ m}^3/\text{s} = 136080 \text{ m}^3/\text{h}$ ; que dividiendo entre *tres campanas*, nos queda que el caudal que va aspirar cada campana  $Q = 12,6 \text{ m}^3/\text{s} = 45360 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### 5.3.3. Cálculo del diámetro del conducto

Ahora pasamos a calcular el diámetro de cada conducto con el caudal de diseño que hemos obtenido anteriormente.

$$Q = A \cdot U$$

Donde:

A: es el área del conducto. Su sección es de tipo circular.

U: es la velocidad del aire dentro del conducto necesaria para evitar que las partículas sólidas en suspensión y queden depositadas en el mismo. Tomaremos como valor para esta 10 m/s, ya que estamos ante un caso de gases.

Realizando la operación y sustituyendo datos, obtenemos un diámetro para el conducto de *0,5 metros*. (48)

#### 5.3.4. Cálculo de las pérdidas de carga.

El flujo del aire por el conducto de 1,27 metros de diámetro, absorbe energía del ventilador que lo extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida. Por este motivo necesitamos calcular las pérdidas de carga que se producen en el interior del conducto. Para determinar la pérdida de carga tenemos que calcular el gasto de energía del ventilador que se produce por la fricción en el conducto debido a la presión del aire.

Una vez calculado el número de Reynolds (con las propiedades del aire a una temperatura de 20°C), el coeficiente de fricción de Darcy-Weisboch mediante la correlación empírica de Colebrook-White (Régimen turbulento rugoso ( $12000 < Re < 106$ )) y considerando todas las pérdidas existentes en la instalación, (conductos, codos, reducciones, salida al ambiente,...etc.), procedemos a estimar el valor de las pérdidas de carga mediante el teorema de Bernoulli.

La elección del teorema de Bernoulli (aplicable solamente en los fluidos incompresibles), puede suponer una contradicción ya que el aire es un fluido compresible, pero la presión y la temperatura que generalmente se producen en los conductos de un sistema de ventilación o de extracción, no afectan de manera significativa la densidad del aire. Por lo tanto podemos suponer el aire como un fluido incompresible.

Tomando la diferencia de presiones, altura y velocidades nula, el teorema de Bernoulli se reduce a:

$$H_m = H_{r_1} + H_{r_2}$$

Donde:

$H_{r_1}$ : pérdidas en el conducto.


$H_{r_2}$ : pérdidas en los diferentes accesorios y geometría del conducto.

$Z_2 - Z_1$ : la diferencia de altura entre la toma y la salida del aire al ambiente.

Realizando los cálculos oportunos y desarrollando la ecuación de Bernoulli se obtiene que las pérdidas de carga totales en cada conducto es de 20 m.c.a (metros de columna de agua).

### 5.3.5. Selección del ventilador

En función del caudal que circula por el conducto y de la pérdida de carga en m.c.a, seleccionamos el ventilador helicoidal en la web de SODECA, llegando a la conclusión de que el ventilador acorde con nuestras necesidades es el modelo **HGT-140-6T/6-22°-15**, cuyas características principales son:

 <b>HGT-140-6T/6-22°-15</b> Ventiladores helicoidales tubulares, equipados con hélices de aluminio de 3, 6 ó 9 álabes con diversos ángulos de inclinación.	Velocidad:	<input type="text" value="970"/>	r.p.m.
	Intensidad máx. admisible 230 V:	<input type="text" value="0.0"/>	A
	Intensidad máx. admisible 400 V:	<input type="text" value="23.00"/>	A
	Intensidad máx. admisible 690 V:	<input type="text" value="0.0"/>	A
	Potencia:	<input type="text" value="11.00"/>	Kw
	Caudal máx.:	<input type="text" value="102000"/>	m³/h

### 5.4. Recomendaciones

Después del estudio realizado en este proyecto para evitar que el trabajador sufra daños sobre su salud mientras que desarrolla su jornada laboral en la producción de herrajes para puertas, que como sabemos está expuesto a varios riesgos higiénicos ya que su ambiente de trabajo se ve afectado por los diferentes agentes químicos empleados para llevar a cabo el tratamiento de galvanizado en las piezas, será necesario aplicarle medidas de prevención.

Se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Hacer uso de la ventilación localizada ya que así disminuiríamos la exposición del trabajador al contaminante producido por las mezclas del proceso de galvanizado. Actuando en el origen de producción del mismo evitaremos que este se extienda por todo el ambiente de trabajo afectando a la salud de los operarios.
- Debemos insistir que se haga un buen mantenimiento de todos los equipos de primeros auxilios, (lavado de ojos, duchas, etc.)
- Los operadores que estén en las cubas de desengrase, decapado, galvanizado y pasivado será necesario que lleven ropa impermeable, guantes y mascarillas.

- También alrededor de las cubas sería recomendable instalar una serie de pantallas con el objetivo de mejorar la captura de los contaminantes, sin que éstas causen un entorpecimiento del trabajo.

## **Capítulo 6. Bibliografía**

## BIBLIOGRAFÍA

### Referencias:

- (1) Introducción a la higiene industrial. Accesible online:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/30.pdf> (03/02/2012)
- (2) Identificación de los tipos de agentes en la industria. Accesible online:  
<http://www.ulpgc.es/index.php?pagina=servicioprevencion&ver=higieneindustrial>  
(03/02/2012)
- (3) Descripción del proceso de fabricación. Guía de utilización: productos de acero con recubrimiento metálico.(Arcelor)
- (4) Definición recocido. Accesible online:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico) (13/02/12)
- (5) Galvanizado. Accesible online: <http://es.wikipedia.org/wiki/Galvanizado> (14/02/12)
- (6) Proceso de galvanizado. Accesible online:  
<http://www.grupocobos.com.mx/metalyzinc/galvanizadoproseso.htm> (22/02/12)
- (7) Decapado. Accesible online:  
[http://fosfamet.cl/proceso\\_de\\_decapado\\_para\\_metales\\_fosfamet\\_cl.pdf](http://fosfamet.cl/proceso_de_decapado_para_metales_fosfamet_cl.pdf) (22/02/12)
- (8) Galvanizado. Accesible online: <http://www.cabarri.es/informacion.html> (24/02/2012)
- (9) Galvanizado. Accesible online:  
<http://www.mosp.gba.gov.ar/sitios/energia2/pdf/doc/Anexo%206.pdf> (28/02/12),  
<http://galvanizadoen caliente.wordpress.com/galvanizado/>(13/06/2012)
- (10) Proceso de galvanizado. Accesible online:  
<http://www.electrificaribe.com/LinkClick.aspx?fileticket=ufJ%2FMdq%2F30U%3D&tabid=1862&mid=2245> (01/03/12)
- (11) W.Hufnagel. Manual del Aluminio, Segunda edición.
- (12) Acero galvanizado. Accesible online:  
[materiales.wikispaces.com/file/view/Acero+galvanizado.doc](http://materiales.wikispaces.com/file/view/Acero+galvanizado.doc) (01/03/12)

- (13) Legislación y normas sobre la seguridad en el trabajo  
[http://portales.gva.es/c\\_economia/web/trabajo/normativa/seguridad-higiene/agentes-quimicos.pdf](http://portales.gva.es/c_economia/web/trabajo/normativa/seguridad-higiene/agentes-quimicos.pdf),  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g\\_AQ.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/g_AQ.pdf)
- (14) Carbonatos: <http://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato>
- (15) Fosfatos: <http://es.wikipedia.org/wiki/Fosfatos>
- (16) Silicatos: <http://es.wikipedia.org/wiki/Silicatos>
- (17) Valores límites de exposición 2012. Instituto nacional de seguridad de seguridad e higiene en el trabajo.
- (18) Legislación y normativa utilizada  
<http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=feb4f956a51d5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=75164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD> (28/04/2012)
- (19) Características hidróxido de sodio. Accesible online:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido\\_de\\_sodio](http://es.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_sodio) (28/04/2012)
- (20) Características ácido clorhídrico. Accesible online:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_clorh%C3%ADrico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_clorh%C3%ADrico) (01/05/2012)
- (21) <http://es.wikipedia.org/wiki/Cinc> (01/05/2012)
- (22) Características del plomo. Accesible online: <http://es.wikipedia.org/wiki/Plomo> (01/05/2012)
- (23) Características del aluminio. Accesible online: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio> (01/05/2012)
- (24) Características del cromo. <http://www.aurodep.mx/site/sales-y-productos-para-recubrimientos-electroliticos-de-metales-preciosos/trioxido-de-cromo> (02/05/2012)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%B3xido\\_de\\_cromo](http://es.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%B3xido_de_cromo) (02/05/2012)
- (25) Descripción hidróxido de sodio. Accesible online:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia17.pdf> (02/05/2012)



- (26) Descripción ácido clorhídrico. Accesible online:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia2.pdf> (03/05/2012)
- (27) Toxicología laboral: criterios para la vigilancia de los trabajadores expuestos a sustancias químicas peligrosas. Nelson F. Albiano.
- (28) Ficha internacional de seguridad química: Plomo.
- (29) Propiedades químicas y toxicidad de agentes químicos. Accesible online:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Enciclopedia OIT/tomo2/63.pdf> (09/05/2012)
- (30) Toxicología del Zinc. Accesible online:  
<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1062>  
(11/05/2012)
- (31) ASTDR. Sustancias químicas, Zinc. Accesible online:  
[http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts60.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts60.pdf) (11/05/2012)
- (32) Ficha de seguridad ácido clorhídrico. Accesible online:  
[http://www.cisproquim.org.co/HOJAS\\_SEGURIDAD/Acido\\_clorhidrico.pdf](http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/Acido_clorhidrico.pdf) (11/05/2012)
- (33) Toxicología ácido clorhidrico. Accesible online:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia2.pdf>
- (34) Toxicología hidroxido de sodio. Accesible online:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia17.pdf>
- (35) Duración de cada una de las etapas. Accesible online.  
<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=v5wLyheLp8g>  
(17/05/2012)
- (36) Cromatografía. Accesible online:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa\\_de\\_intercambio\\_i%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Cromatograf%C3%ADa_de_intercambio_i%C3%B3nico)  
(23/05/2012)
- (37) Exposición de agentes químicos. Evaluación cuantitativa. Accesible online:  
<http://calculadores.insht.es:86/Exposici%C3%B3naagentesqu%C3%ADmicos/Introducci%C3%B3n.aspx> (24/05/2012)

- (38) Espectrofotometría de absorción atómica. Accesible online:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia\\_de\\_absorci%C3%B3n\\_at%C3%B3mica\\_\(A A\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_(A_A)) (24/05/2012)
- (39) MTA/MA-019 /A90  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA\\_019\\_A90.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_019_A90.pdf) (24/05/2012)
- (40) MTA/MA-025 /A92  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA\\_025\\_A92.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MA/MA_025_A92.pdf) (24/05/2012)
- (41) MTA/MA-018 /A94  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB\\_018\\_A94.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB_018_A94.pdf) (24/05/2012)
- (42) MTA/MA-013 /A87  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB\\_013\\_A87.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB_013_A87.pdf) (24/05/2012)
- (43) MTA/MA-012 /A87  
[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB\\_012\\_A87.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/MetodosAnalisis/Ficheros/MB/MB_012_A87.pdf) (24/05/2012)
- (44) Toxicología ácido nítrico. Accesible online:  
<http://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/99959-Acidonitrico.pdf> (28/05/2012)
- (45) Toxicología ácido nítrico. Accesible online:  
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/Guia3.pdf> (28/05/2012)
- (46) Ventilación industrial. Accesible online:  
<http://www.samst.es/pdf/Publicaciones/MANUAL%20B%C1SICO%20DE%20PREVENCI%D3N%20DE%20RIESGOS%20LABORALES.pdf> (08/06/2012)
- (47) Principios básicos de diseño en campanas de extracción localizada: Accesible online:  
<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=372> (08/06/2012)
- (48) Calculo del caudal de aspiración, diámetro del conducto y las pérdidas de carga.  
Accesible online: <http://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>,  
[http://www.solerpalau.es/formacion\\_01\\_02.html](http://www.solerpalau.es/formacion_01_02.html) (10/06/2012)

- (49) Formulas utilizadas en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías. Accesible online:  
[http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/Prob\\_hidraulica/FormulasHidraulica.pdf](http://www.uclm.es/area/ing_rural/Prob_hidraulica/FormulasHidraulica.pdf)  
(10/06/2012)



## **Capítulo 7. ANEXOS**



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE  
CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENERÍA INDUSTRIAL

**Proyecto de:**

**Estudio de la contaminación higiénica que  
conlleva el tratamiento superficial en  
soportes metálicos destinados a herrajes  
de apertura y cierre de puertas**

ANEXO N°1: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Cristina Castillo Murcia

Cartagena, 6 de Julio de 2012

## ANEXO I. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este anexo vamos a ilustrar todas las operaciones que se han llevado a cabo en la evaluación higiénica y en el cálculo del conducto de extracción de las cubas de desengrase, decapado, galvanizado y pasivado.

### CÁLCULO DE CONCENTRACIONES

$$C = \frac{M}{V} = mg/m^3$$

MUESTRA 1						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0025	0,0208
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0023	0,1278
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0065	0,3611
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00001	0,0006
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000012	0,0027
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00384	0,8533

MUESTRA 2						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0023	0,0192
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0018	0,1000
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0065	0,3611
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0017	0,0944
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000011	0,0024
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00444	0,9867

MUESTRA 3						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0045	0,0375
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0036	0,2000
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0045	0,2500
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00002	0,0011
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00001	0,0022
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00374	0,8311

MUESTRA 4						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0051	0,0425
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0053	0,2944
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0075	0,4167
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,000005	0,0003
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000012	0,0027
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00494	1,0978

MUESTRA 5						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0078	0,0650
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0083	0,4611
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0093	0,5167
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00016	0,0089
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000013	0,0029
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00394	0,8756

MUESTRA 6						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0082	0,0683
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0086	0,4778
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0069	0,3833
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00017	0,0094
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000008	0,0018
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00547	1,2156

MUESTRA 7						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0198	0,1650
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0273	1,5167
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0165	0,9167
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00005	0,0028
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00005	0,0111
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0138	3,0667

MUESTRA 8						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa	Concentración



					(mg)	(mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0095	0,0792
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0081	0,4500
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0084	0,4667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,000002	0,0001
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00007	0,0156
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0056	1,2444

MUESTRA 9						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0098	0,0817
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0084	0,4667
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0178	0,9889
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00003	0,0017
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,0002	0,0444
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0054	1,2000

MUESTRA 10						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,075	0,6250
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0071	0,3944
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0065	0,3611
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0005	0,0278
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,0035	0,7778
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,00384	0,8533

MUESTRA 11						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0725	0,6042
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0086	0,4778
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0147	0,8167
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0008	0,0444
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,0002	0,0444
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0212	4,7111

MUESTRA 12						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0026	0,0217
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0074	0,4111

Al	0,3	60	18	0,01800	0,0066	0,3667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00001	0,0006
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000003	0,0007
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0039	0,8667

MUESTRA 13						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0079	0,0658
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0085	0,4722
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0065	0,3611
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0007	0,0389
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,000006	0,0013
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0054	1,2000

MUESTRA 14						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0056	0,0467
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0097	0,5389
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0066	0,3667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,000005	0,0003
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00001	0,0022
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0063	1,4000

MUESTRA 15						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0096	0,0800
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0107	0,5944
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0066	0,3667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,000003	0,0002
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00002	0,0044
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0073	1,6222

MUESTRA 16						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0356	0,2967
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0067	0,3722
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0076	0,4222
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00003	0,0017

HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00003	0,0067
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0263	5,8444

MUESTRA 17						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0253	0,2108
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0188	1,0444
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0106	0,5889
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00006	0,0033
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00001	0,0022
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0097	2,1556

MUESTRA 18						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0056	0,0467
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0097	0,5389
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0066	0,3667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0007	0,0389
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,0011	0,2444
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0063	1,4000

MUESTRA 19						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0356	0,2967
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0045	0,2500
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0076	0,4222
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,00009	0,0050
HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,00015	0,0333
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0079	1,7556

MUESTRA 20						
Sustancia	Caudal (Q)l/min	Tiempo (t) min	Volumen (litros)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (mg)	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )
NaOH	2	60	120	0,120	0,0056	0,0467
Zn	0,3	60	18	0,01800	0,0097	0,5389
Al	0,3	60	18	0,01800	0,0066	0,3667
Pb	0,3	60	18	0,01800	0,0013	0,0722

HNO <sub>3</sub>	0,3	15	4,5	0,00450	0,0011	0,2444
HCl	0,3	15	4,5	0,00450	0,0063	1,4000

### CÁLCULO DE CONCENTRACIONES MEDIAS

N: Número de muestras

$$C_{MP NaOH} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 60 \text{ min}}{20 \cdot 60 \text{ min}}$$

$$C_{MP HCl} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 15 \text{ min}}{20 \cdot 15 \text{ min}}$$

$$C_{MP HNO_3} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 15 \text{ min}}{20 \cdot 15 \text{ min}}$$

$$C_{MP Zn} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 60 \text{ min}}{20 \cdot 60 \text{ min}}$$

$$C_{MP Al} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 60 \text{ min}}{20 \cdot 60 \text{ min}}$$

$$C_{MP Pb} = \frac{\sum \text{Concentraciones} \frac{mg}{m^3} \cdot 60 \text{ min}}{20 \cdot 60 \text{ min}}$$

Resultados obtenidos en Excel:

Nº de muestra	<b>NaOH</b> Concentraciones (mg/m <sup>3</sup> )	<b>Zn</b> Concentraciones (mg/m <sup>3</sup> )	<b>Al</b> Concentraciones (mg/m <sup>3</sup> )
Muestra 1	0,0208	0,1278	0,3611
Muestra 2	0,0192	0,1000	0,3611
Muestra 3	0,0375	0,2000	0,2500
Muestra 4	0,0425	0,2944	0,4167
Muestra 5	0,0650	0,4611	0,5167
Muestra 6	0,0683	0,4778	0,3833
Muestra 7	0,1650	1,5167	0,9167
Muestra 8	0,0792	0,4500	0,4667
Muestra 9	0,0817	0,4667	0,9889
Muestra 10	0,6250	0,3944	0,3611
Muestra 11	0,6042	0,4778	0,8167
Muestra 12	0,0217	0,4111	0,3667
Muestra 13	0,0658	0,4722	0,3611
Muestra 14	0,0467	0,5389	0,3667
Muestra 15	0,0800	0,5944	0,3667
Muestra 16	0,2967	0,3722	0,4222
Muestra 17	0,2108	1,0444	1,0444
Muestra 18	0,0467	0,5389	0,3667
Muestra 19	0,2967	0,2500	0,4222
Muestra 20	0,0467	0,5389	0,3667
<b>Total</b>	2,9200	9,7278	9,9222
<b>CMP</b>	0,1460	0,4864	0,4961

Nº de muestra	<b>Pb</b> Concentración (mg/m <sup>3</sup> )	<b>HNO<sub>3</sub></b> Concentración(mg/m <sup>3</sup> )	<b>HCl</b> Concentración(mg/m <sup>3</sup> )
Muestra 1	0,0006	0,0027	0,8533
Muestra 2	0,0017	0,0024	0,9867
Muestra 3	0,0011	0,0022	0,8311
Muestra 4	0,0003	0,0027	1,0978
Muestra 5	0,0089	0,0029	0,8756
Muestra 6	0,0094	0,0018	1,2156
Muestra 7	0,0028	0,0111	3,0667
Muestra 8	0,0001	0,0156	1,2444
Muestra 9	0,0017	0,0444	1,2000
Muestra 10	0,0278	0,7778	0,8533
Muestra 11	0,0444	0,0444	4,7111
Muestra 12	0,0006	0,0007	0,8667
Muestra 13	0,0389	0,0013	1,2000
Muestra 14	0,0003	0,0022	1,4000
Muestra 15	0,0002	0,0044	1,6222
Muestra 16	0,0017	0,0067	5,8444
Muestra 17	0,0033	0,0022	2,1556
Muestra 18	0,0389	0,2444	1,4000
Muestra 19	0,0050	0,0333	1,7556
Muestra 20	0,0722	0,9111	1,4000
<b>Total</b>	0,2598	2,1144	34,5800
<b>CMP</b>	0,0130	0,1057	1,729

## CÁLCULO DE EXPOSICIONES MÁXIMAS PERMITIDAS

$$EMP_{NaOH} = \frac{0,1460}{2} = 0,073$$

$$EMP_{Zn} = \frac{0,4864}{5} = 0,0973$$

$$EMP_{Al} = \frac{0,4961}{10} = 0,04961$$

$$EMP_{Pb} = \frac{0,130}{0,15} = 0,866$$

$$EMP_{HNO_3} = \frac{0,1057}{0,1} = 1,0572$$

$$EMP_{HCl} = \frac{1,729}{5} = 0,3458$$

## DISEÑO DEL VENTILADOR DE EXTRACCIÓN

Cálculo del caudal total y por campana de aspiración

$$Q = V \cdot (N \cdot d^2 + A)$$

$$Q = 0,3 \cdot (10 \cdot 3^2 + 36) = 37,8 \frac{m^3}{s} = 37,8 \cdot 3600 \frac{m^3}{h} = 136080 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = \frac{37,8}{3} = 12,6 \frac{m^3}{s} = \frac{136080}{3} = 45360 \frac{m^3}{h}$$

Cálculo del diámetro de aspiración

$$Q = A \cdot U$$

$$12,6 = 10 \cdot \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \rightarrow d = 0,5 \text{ m}$$

Cálculo del número de Reynolds

Datos a temperatura y presión atmosférica

$$\rho_{\text{aire}} = 1,18 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_{\text{aire}} = 18,43 \cdot 10^{-6} \text{ Ns/m}^2$$

$$Re = \frac{\rho \cdot U \cdot D}{\mu} = \frac{1,18 \cdot 7,46 \cdot 1,27}{18,43 \cdot 10^{-6}} = 606595,55$$

Cálculo del coeficiente de fricción de Darcy-Weisboch

Como ( $12000 < Re < 1000000$ ), el régimen será turbulento rugoso. Podemos ir a la gráfica de Moody o aplicar correlaciones empíricas, que es lo que hemos hecho aquí. Aplicando Colebrook White:

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left( \frac{K/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$



Donde  $K/D$  corresponde al cociente formado entre la rugosidad del material del conducto y el diámetro del mismo.

$$K_{\text{acero galvanizado}} = 0,115$$

$$\frac{k}{D} = \frac{0,115}{0,5} = 0,23$$

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left( \frac{0,23}{3,7} + \frac{2,51}{606595,55 \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \rightarrow \lambda = 0,414$$

### Método de Bernouilli

Donde los términos de presiones, velocidad y altura son nulos porque se desprecia su variación.

Así pasamos a calcular  $Hr1$  y  $Hr2$ , que son los coeficientes de pérdidas en conducto y en acoplamientos respectivamente.

$$\left( \frac{P1}{\rho g} + \frac{(U1)^2}{2g} + Z1 \right) - Hr1 - Hr2 + Hm = \left( \frac{P2}{\rho g} + \frac{(U2)^2}{2g} + Z2 \right)$$

$$Hr1 = 0,0826 \cdot 0,0965 \cdot \frac{12,6^2}{1,27^5} \cdot 30 = 11,49$$

$$Hr2 = 0,0826 \cdot (3 \cdot 0,39 + 2 \cdot 0,26) \cdot \frac{12,6^2}{1,27^4} = 8,52$$

$$Hm = Hr1 + Hr2 = 11,49 + 8,52 = 20 \text{ m.c.a}$$

### Elección del ventilador

Una vez calculada la pérdida de carga total y el caudal que circula por cada conducto, seleccionamos el ventilador en la página web de SODECA, hallando como resultado el modelo HGT-140-6T/6-22°-15.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE  
CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENERÍA INDUSTRIAL

**Proyecto de:**

# **Estudio de la contaminación higiénica que conlleva el tratamiento superficial en soportes metálicos destinados a herrajes de apertura y cierre de puertas**

ANEXO N°2: Fichas Internacionales de seguridad química

Cristina Castillo Murcia




Cartagena, 6 de Julio de 2012

## ANEXO II: FICHAS INTERNACIONES DE SEGURIDAD QUÍMICA

### Fichas Internacionales de Seguridad Química

#### ALUMINIO POLVO (Pirofórico)

ICSC: 0988

 <p style="text-align: center;">Aluminio polvo Al Masa atómica: 27.0</p> <p>Nº CAS 7429-90-5 Nº RTECS BD0330000 Nº ICSC 0988 Nº NU 1396 (no recubierto) Nº CE 013-001-00-6</p>  			
TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	Inflamable.	NO en contacto con ácido(s), alcohol, oxidantes y agua.	Arena seca, agentes especiales. NO utilizar agua. NO utilizar dióxido de carbono, espuma.
<b>EXPLOSION</b>	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con ácido(s), alcohol, oxidantes y agua.	Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión del polvo.	
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO!	
• <b>INHALACION</b>		Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• <b>PIEL</b>		Guantes protectores.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
• <b>OJOS</b>		Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
• <b>INGESTION</b>		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca.
DERRAMES Y FUGAS		ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente cubierto y seco. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).		Separado de oxidantes fuertes, bases fuertes, ácidos fuertes y agua. Véanse Daños Químicos. Mantener en lugar seco. Bien cerrado.	NU (transporte): Ver pictograma en cabecera Clasificación de Peligros NU: 4.3 Grupo de Envasado NU: II  CE: símbolo F R: 15-17 S: 2-7/8-43
<b>VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE</b>			
ICSC: 0988		Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003	

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

## ALUMINIO POLVO (Pirofórico)

ICSC: 0888

D A T O S I M P O R T A N T E S	<b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Polvo de blanco a gris.	<b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> La sustancia se puede absorber por inhalación
	<b>PELIGROS FÍSICOS</b> Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.	<b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.
	<b>PELIGROS QUÍMICOS</b> Reacciona con agua, alcoholes y violentamente con oxidantes, ácidos y bases fuertes y cloruro hidrocarbonados, originando peligro de incendio y explosión.	<b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida a partículas de este polvo. La sustancia puede afectar al sistema nervioso dando lugar a disfunciones.
	<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 10 mg/m <sup>3</sup> (como TWA) como polvo metálico (ACGIH 2003). TLV: 5 mg/m <sup>3</sup> (como TWA) como polvo pirofórico (ACGIH 2003). MAK: 1,5 mg/m <sup>3</sup> (fracción respirable); 4 mg/m <sup>3</sup> (fracción inhalable); Riesgo para el embarazo: grupo D (DFG 2008).	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	Punto de ebullición: 2327°C Punto de fusión: 660°C Densidad: 2.7 g/cm <sup>3</sup>	Solubilidad en agua: ninguna (reacciona) Temperatura de autoignición: 590°C
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
Otro número NU: NU 1309 Aluminio polvo, recubierto. Clasificación de peligros: 4.1, Grupo de envasado: II. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-43G14 Código NFPA: H 0; F 3; R 1; (no recubierto)		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: <a href="http://www.insht.es">http://www.insht.es</a>	Última revisión IPCS: 2008	
ICSC: 0888	ALUMINIO POLVO (Pirofórico)	
© CE, IPCS, 2003		

**NOTA LEGAL IMPORTANTE:**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

### Fichas Internacionales de Seguridad Química


CINC		ICSC: 1205 Octubre 1994	
CAS: 7440-66-6 Polvo azul RTECS: Z08800000 Merillita NU: 1436 (Zn en polvo) Zn CE Índice Anexo I: 030-001-00-1 Masa atómica: 65.4 CE / EINECS: 231-175-3			
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	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).	Polvos especiales, arena seca, NO utilizar otros agentes. NO utilizar agua.
EXPLOSIÓN	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 (p. e.), mediante conexión a tierra). Evitar el depósito del polvo.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua pero NO en contacto directo con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡HIGIENE ESTRICTA!	
Inhalación	Sabor metálico, fiebre de los humos metálicos. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Extracción localizada.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca.	Guantes de protección.	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 pueda hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: equipo autónomo de respiración. Apagar o eliminar toda fuente de ignición. NO verterlo en el alcantarillado. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente. trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		Hermético. Clasificación UE Símbolo: F, N R: 15-17-50/53 S: (2)-43-46-60-61 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 4.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 4.2	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-43GWS-II+III Código NFPA: H0; F1; R1;		A prueba de incendio. Separado de ácidos, bases y oxidantes. Mantener en lugar seco.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

CINC		ICSC: 1205
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Polvo inodoro entre gris y azul.</p> <p><b>PELIGROS FÍSICOS</b> 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><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. La sustancia es un agente reductor fuerte y reacciona violentamente con oxidantes. Reacciona con agua y violentamente con ácidos y bases, formando gas inflamable/explosivo (hidrógeno-ver FISCO:0001). Reacciona violentamente con azufre, hidrocarburos halogenados y otras muchas sustancias, originando peligro de incendio y explosión.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV no establecido. MAK: 0.1 mg/m<sup>3</sup>; Categoría de limitación de pico: I(4) (Fracción respirable); 2 mg/m<sup>3</sup>; Categoría de limitación de pico: I(2) (Fracción inhalable); Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2009).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> 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><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La inhalación del humo puede originar fiebre de los humos metálicos. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 907°C Punto de fusión: 419°C Densidad relativa (agua = 1): 7.14 Solubilidad en agua: reacción Presión de vapor, kPa a 487°C: 0.1</p>	<p>Temperatura de autoignición: 460°C</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>El cinc puede contener trazas de arsénico por lo que al descomponerse formando hidrógeno puede producir gas tóxico de arsina (ver ICSC 0001 y ICSC 0222). Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua, halones, espuma y dióxido de carbono. Los síntomas de fiebre del humo metálico no se ponen de manifiesto hasta pasadas algunas horas. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Clasificación UE, Respuesta de Emergencia. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en febrero de 2009: ver Envasado y Etiquetado. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2010: ver Límites de exposición.</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<b>NOTA LEGAL</b>	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	
© IPCS, CE 2005		

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

PLOMO		ICSC: 0052	
		Octubre 2002	
Plomo metálico			
CAS:	7439-92-1	Pb	
RTECS:	OF7525000	Masa atómica: Masa atómica: 207.2	
CE / EINECS:	231-100-4		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: usar medio de extinción adecuado.
<b>EXPLOSIÓN</b>	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.	Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión del polvo.	
EXPOSICIÓN	Véanse EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA.	¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
Inhalación		Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
Piel		Gautes de protección	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos		Gautes de protección de seguridad,	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. 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).			
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Véanse Peligros Químicos.	
 <p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2003</p>			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

PLOMO

ICSC: 0052

## DATOS IMPORTANTES

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO:**

Sólido azulado o gris en diversas formas, vira a marrón en contacto con el aire.

**PELIGROS FÍSICOS:**

Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.

**PELIGROS QUÍMICOS:**

Por calentamiento intenso se producen humos tóxicos. Reacciona con oxidantes. Reacciona con ácido nítrico concentrado caliente, ácido clorhídrico concentrado en ebullición y ácido sulfúrico. Atacado por agua y ácidos orgánicos débiles en presencia de oxígeno.

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN:**

TLV: (como TWA) 0.05 mg/m<sup>3</sup>; A3; BEI establecido (ACGIH 2004).  
MAK: Carcinógeno: categoría 2; Mutágeno: categoría 3A; (DFG 2005).  
CE OEL: como TWA 0.15 mg/m<sup>3</sup> (EU 2002).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN:**

La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.

**RIESGO DE INHALACIÓN:**

Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire al dispersar el producto, especialmente en estado pulverulento.

**EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:**

La sustancia puede afectar a la sangre, médula ósea, sistema nervioso central, sistema nervioso periférico y riñón, dando lugar a anemia, encefalopatía (p. ej. convulsiones), alteraciones del sistema nervioso periférico, calambres abdominales y alteración renal. Produce graves alteraciones en la reproducción humana. Esta sustancia es probablemente carcinógena para los seres humanos.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 1740 °C  
Punto de fusión: 327,5 °C  
Densidad: 11.34 g/cm<sup>3</sup>  
Solubilidad en agua: ninguna

## DATOS AMBIENTALES

Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia en los vegetales y en mamíferos. Evítase efectivamente que el producto químico se incorpore al ambiente.

## NOTAS

Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO llevar a casa la ropa de trabajo. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición, y en octubre de 2006: ver Límites de exposición, Efectos de exposición prolongada o repetida.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: (como Pb): 0,15 mg/m<sup>3</sup>

Notas: Véase el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril (BOE nº 104 de 1 de mayo de 2001), sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo; sustancia tóxica para la reproducción humana de categoría 1A.

VLB: 70 µg/dl de plomo en sangre. Nota k



**Nota legal**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2003



### Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>CLORURO DE HIDRÓGENO</b>		<b>ICSC: 0163</b>	
		Abril 2000	
Cloruro de hidrógeno, anhidro		Ácido clorhídrico, anhidro	
CAS:	7647-01-0	HCI	
RTECS:	MW4025000	Massa molecular: 36.5	
NU:	1050		
CE Índice Anexo I:	017-003-00-2		
CE / EINECS:	231-595-7		

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSIÓN			En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua.

EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	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 semincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica.
Piel	EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN. Corrosivo. Quemaduras cutáneas graves. Dolor.	Gautes aislantes del frío. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Corrosivo. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad 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), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión			

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto. Ventilar. Eliminar el gas con agua pulverizada. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).	<b>Clasificación UE</b> Símbolo: T, C R: 23-35 S: (1/2-)9-26-35/37/39-45 <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 2.3 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-20S1050 Código NFPA: H 3; F 0; R 1;	Separado de sustancias combustibles y reductoras, oxidantes fuertes, bases fuertes, metales. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.









Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO DE HIDRÓGENO

ICSC: 0163

## DATOS IMPORTANTES

**ESTADO FÍSICO; ASPECTO:**

Gas licuado comprimido incoloro, de olor acre.

**PELIGROS FÍSICOS:**

El gas es más denso que el aire

**PELIGROS QUÍMICOS:**

La disolución en agua es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con oxidantes formando gas tóxico de cloro (ver ICSC 0126). Ataca a muchos metales en presencia de agua formando gas inflamable/explosivo de hidrógeno (ver ICSC 0001).

**LÍMITES DE EXPOSICIÓN:**

TLV: 2 ppm (valor techo); A4 (ACGIH 2004).  
 MAK: 2 ppm, 3 mg/m<sup>3</sup>, Categoría de limitación de pico: I(2),  
 Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004).

**VÍAS DE EXPOSICIÓN:**

La sustancia se puede absorber por inhalación.

**RIESGO DE INHALACIÓN:**

Al producirse una pérdida de gas se alcanza muy rápidamente una concentración nociva de éste en el aire.

**EFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:**

La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de altas concentraciones del gas puede originar neumonitis y edema pulmonar, dando lugar a síndrome de disfunción reactiva de las vías aéreas (RADSA) (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

**EFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:**

La sustancia puede afectar al pulmón, dando lugar a bronquitis crónica. La sustancia puede causar erosiones dentales.

## PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: -85 °C  
 Punto de fusión: -114 °C  
 Densidad: 1,00045 g/l (gas)  
 Solubilidad en agua, g/100 ml a 30 °C: 67  
 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1,3

Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0,25

## DATOS AMBIENTALES

## NOTAS

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. Otros números NU: 2188 (líquido refrigerado) clase de peligro: 2.3; riesgo subsidiario: 8; 1789 (ácido clorhídrico) clase de peligro: 8; grupo de envasado II o III. Las disoluciones acuosas pueden contener hasta un 39% de cloruro de hidrógeno. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en abril de 2005: ver Límites de exposición, Respuesta de Emergencia.

## INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 5 ppm; 7,6 mg/m<sup>3</sup>VLA-EC: 10 ppm; 15 mg/m<sup>3</sup>

Notas: Agente químico que tiene establecido un valor límite indicativo por la UE.

**Nota legal**

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2005

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

### 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
<b>INCENDIO</b>	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.
<b>EXPLOSION</b>			
<b>EXPOSICION</b>		¡EVITAR LA DISPERSION DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
<b>• INHALACION</b>	Corrosivo. Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, posición de semincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
<b>• PIEL</b>	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.
<b>• OJOS</b>	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.
<b>• INGESTION</b>	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
Barer 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).	No transportar con alimentos y piensos. símbolo G R: 35 S: (1/2)-(26-37/39-45) Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II



**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

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

## HIDROXIDO DE SODIO

ICSC: 0360

D A T O S F I S I C O S P R O P I E D A D E S A M B I E N T A L E S	<b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Sólido blanco, deliquescente en diversas formas e inodoro.	<b>VIAS DE EXPOSICION</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.
	<b>PELIGROS FÍSICOS</b>	<b>RIESGO DE INHALACION</b> La evaporación a 20°C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire.
	<b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La sustancia es una base fuerte, reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva en 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.	<b>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION</b> 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).
	<b>LIMITES DE EXPOSICION</b> TLV: 2 mg/m <sup>3</sup> (valor techo) (ACGIH 1992-1993). PDK no establecido. MAC: clase G	<b>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>	Punto de ebullición: 1390°C Punto de fusión: 318°C Densidad relativa (agua = 1): 2.1	Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 Presión de vapor, kPa a 739°C: 0.13
<b>DATOS AMBIENTALES</b>	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los organismos acuáticos.	
<b>NOTAS</b>		
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. <b>NO verter NUNCA</b> 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;		
<b>INFORMACION ADICIONAL</b>		
FISQ: 3-134 HIDROXIDO DE SODIO		
ICSC: 0360	HIDROXIDO DE SODIO	
© CCE, IPCS, 1994		
<b>NOTA LEGAL IMPORTANTE:</b>	Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).	

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ÁCIDO NÍTRICO		ICSC: 0183 Octubre 2008	
CAS: 7807-37-2 RTECS: Q05775000 NU: 2031 CE Índice Anexo I: 007-004-00-1 CE / EINECS: 231-714-2		Ácido nítrico concentrado (70%) $\text{HNO}_3$ Masa molecular: 63,0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con productos químicos combustibles u orgánicos.	En caso de incendio en el entorno: NO espuma.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con muchos compuestos orgánicos frecuentes.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Air limpio, reposo. Posición de semireclinado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Quemaduras cutáneas graves. Dolor. Decoloración amarilla.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras..	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Dolor abdominal. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Shock o colapso. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>ENVASADO Y ETIQUETADO</b>	
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico. Eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.		Envase inrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente inrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: O, C R: 8-35 S: (1/2)-(23-26-36-45) Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subordinados de los NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: I Clasificación GHS Peligro Puede ser corrosiva para los metales. Mortal en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Provoca daños en las vías respiratorias si se inhala. Provoca daños en el tracto digestivo por ingestión. Provoca daños en las vías respiratorias y en los dientes tras exposición prolongada o repetida si se inhala.	
<b>RESPUESTA DE EMERGENCIA</b>		<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-8082031-I Código NFPA: H4; F0; R0; OX		Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases y de alimentos y piensos orgánicos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2007			

VEÁSE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>ÁCIDO NÍTRICO</b>		<b>ICSC: 0183</b>
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO</b> Líquido incoloro a amarillo, de olor acre.</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS</b> La sustancia se descompone al calentarse suavemente, produciendo óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, p.ej. turpentina, carbón, alcohol. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para los metales, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ:0001). Reacciona violentamente con compuestos orgánicos.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN</b> TLV: 2 ppm como TWA, 4 ppm como STEL; (ACGIH 2008). MAK: lb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2008).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN</b> Efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (ver Notas).</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA</b> Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor. La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a erosión dental.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Punto de ebullición: 121°C Punto de fusión: -41,8°C Densidad relativa (agua = 1): 1,4 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 6,4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,2</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,07 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,21</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto hasta que han pasado unas pocas horas o incluso días y se agravan con el esfuerzo físico. Esta Ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 1 ppm, 2,6 mg/m<sup>3</sup></p> <p>Notas: Agente químico que tiene un valor límite indicativo por la UE</p>		
<b>NOTA LEGAL</b>	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, auto de la versión española.</p>	
© IPCS, CE 2007		

