



**Universidad**  
Zaragoza

# **TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

**TÍTULO**

**PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS POR  
SOLDADURA EN LOS METALES PESADOS**

**HEALTH & SAFETY OF WELDING  
HAZARDS IN HEAVY METALS**

**AUTOR**

**KEVIN MARCO DOS SANTOS**

**DIRECTOR**

**VICTOR MANUEL CASAUS ANDREU**

Máster Universitario en Prevención de Riesgos Laborales

12/01/2021

## RESUMEN

Los metales pesados están involucrados en múltiples procesos industriales. Prevenir su entrada en el organismo y su toxicidad ambiental es primordial para los técnicos de Prevención, como voy a tratar de defender en el presente proyecto. En los procesos de soldadura industrial, el uso de estos metales libera vapores y/o humos tóxicos al ambiente de trabajo, pudiendo producir afecciones agudas, como por ejemplo la fiebre de los humos metálicos (que voy a desarrollar), o crónicas como los cánceres pulmonares o las displasias descritas más adelante, y que con los adecuados medios de prevención y protección se pueden evitar.

**Palabras clave:** metales pesados, humos por soldadura, medidas preventivas.

## ABSTRACT

Heavy metals are involved in multiple industrial processes. To prevent their entry into the body and their environmental toxicity is of paramount importance for the Prevention technicians, as I will try to defend in this project. In industrial welding processes, the use of these metals releases toxic vapours and/or fumes into the working environment, which can produce acute conditions, such as metal fume fever (which I will develop), or chronic conditions such as lung cancers or dysplasia described below, and which can be avoided with the appropriate means of prevention and protection.

**Keywords:** heavy metals, welding fumes, preventive measures.

## Contenido

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	4
1. JUSTIFICACIÓN.....	5
2. METAL PESADO.....	6
2.1 ALUMINIO.....	9
2.2 ARSENICO.....	11
2.3 CADMIO.....	14
2.4 COBRE.....	16
2.5 CROMO .....	18
2.6 MERCURIO.....	20
2.7 PLOMO.....	22
2.8 TALIO.....	24
2.9 ZINC.....	25
3. CONTAMINACIÓN POR SOLDADURA Y HUMOS METÁLICOS .....	26
3.1 TIPOS DE SOLDADURA .....	26
3.2 EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES TÓXICOS.....	28
3.3 DEPENDENCIA DE LA CANTIDAD DE HUMOS INHALADOS POR EL SOLDADOR. ..	35
3.4 RIESGOS PARA LA SALUD .....	40
3.5 FIEBRE POR HUMOS DE METALES (FHM).....	42
4. MEDIDAS PREVENTIVAS .....	44
4.1 METALES PESADOS.....	44
4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS HUMOS POR SOLDADURA.....	52
5. CÁNCER OCUPACIONAL .....	55
5.1 VALORES LÍMITE EN EL CÁNCER OCUPACIONAL .....	57
5.2 REDUCIR LA EXPOSICIÓN DEL CÁNCER LABORAL.....	59
6. CONCLUSIONES.....	61
Bibliografía.....	62

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Tabla 1.....	29
Tabla 2.....	30
Tabla 3.....	31
Tabla 4.....	32
Tabla 5.....	34
Tabla 6.....	36
Tabla 7.....	43
Tabla 8.....	44
Tabla 9.....	45
Tabla 10.....	46
Tabla 11.....	47
Tabla 12.....	56
Tabla 13.....	56
Tabla 14.....	58
Tabla 15.....	60
Ilustración 1.....	38
Ilustración 2.....	38
Ilustración 3.....	53
Ilustración 4.....	54

## 1. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo trata sobre los metales pesados, centrándose en la contaminación por soldadura y humos metálicos. Se ha elegido este tema dada su amplia investigación e información que se puede encontrar en la industria, además es un proyecto muy interesante dada la capacidad que tienen los metales para mantenerse en el tiempo dentro del cuerpo humano y generar los efectos que producen tanto al ser humano como al medio ambiente, es algo impactante.

Para ello se ha utilizado una metodología de revisión bibliográfica, aunque la mayor parte de información se ha obtenido de la página del INSSST, dado el tema que nos ocupa, a modo resumen, también se puede encontrar mucha información en la página del ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, la base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas (RISCTOX) o páginas de una propia comunidad autónoma como por ejemplo la de Castilla La Mancha o incluso del Instituto de Seguridad y Salud Laboral (OSALAN). Se ha buscado la adaptación de los contenidos de esta bibliográfica al ámbito que nos ocupa.

Personalmente, creo que es un tema muy interesante, que me puede aportar un gran conocimiento en esta materia, gracias a ese conocimiento espero encontrar medidas para ayudar a disminuir los efectos que producen estos metales pesados. Sinceramente, lo que más me llena de hacer este trabajado es encontrar una medida que haga que en un futuro los/las trabajadores/as puedan trabajar sin el miedo de acumular estos humos durante años en su organismo, también espero que me ayude para el día de mañana, ser un experto en este ámbito y ayudar a todo el personal que lo necesite. En principio este trabajo, va dirigido a todos los técnicos de prevención que trabajen en empresas de esta índole, a los expertos en esta materia y a cualquier persona que esté interesado en ella.

Este trabajo abarca diferentes aspectos que se estructuran de la siguiente manera: En primer lugar se va a profundizar en qué son los metales pesados, normativa y tipos. En segundo lugar abarcaremos el tema de la contaminación por soldadura y humos metálicos haciendo mención a riesgos higiénicos, inhalación de humos, procesos y metales que intervienen. En el siguiente apartado, se va a realizar una propuesta y revisión de diferentes métodos para disminuir los riesgos en las medidas técnicas y preventivas. Y por último, se desarrollara el cáncer ocupacional, una enfermedad que está muy ligada con los metales pesados y cada vez tiene más peso en España.

## 2. METAL PESADO

Los metales pesados son un conjunto de elementos que presentan propiedades metálicas, en las cuales podemos encontrar metales de transición, algunos semimetales, lantánidos y actínidos. Hoy en día, podemos definir al metal pesado como aquellos metales o metaloides que tienen la capacidad de causar problemas de toxicidad. (Cabriales Covarrubias & Peña)

Se entiende que los metales son malos para la salud, pero hay que tener en cuenta que muchos de ellos son imprescindibles para nuestro día a día, además cabe mencionar su deficiencia o exceso que puede conducir a problemas de salud, a modo de ejemplo los seres humanos necesitan incorporar hierro, cobre o zinc, entre otros muchos. (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, & Muñoz-García)

Estos metales pesados se encuentran de forma natural en el ambiente, los cuales no son perjudiciales para la salud. Hay que recalcar que los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, solo pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados. (Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, & Muñoz-García)

Actualmente para dar una definición de metal pesado nos podemos basar en las siguientes definiciones, una de ellas es la siguiente: un elemento químico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg), otra puede ser los metales que tengan densidad entre  $4 \text{ g/cm}^3$  y  $7 \text{ g/cm}^3$ , y por último una referida al número atómico. (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico)

No todos los metales de densidad alta son especialmente tóxicos en concentraciones normales, aunque hay que recalcar que algunos de ellos son necesarios para el ser humano. Aunque hay muchos metales nosotros nos vamos a centrar en los que más problemas pueden causar, estos serían los siguientes: el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el talio (Tl), el cobre (Cu), zinc (Zn) y cromo (Cr). De cierta manera, también podría incluirse el aluminio (Al), o el semimetal como el arsénico (As). (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico)

La mayor peligrosidad de los metales pesados es que no pueden ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, es decir, que se acumulan en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que las que alcanzan en los alimentos o medioambiente, y que estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica, provocando efectos tóxicos de muy diverso carácter. En el ser humano se han detectado infinidad de efectos físicos (dolores crónicos, problemas sanguíneos, etc.) y efectos psíquicos (ansiedad, pasividad, etc.). (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico)

Sobre la normativa vigente, destacan el Protocolo de Aarhus (Dinamarca) y el Convenio de Ginebra, del cual deriva el que se ha mencionado anteriormente.

Este protocolo se adoptó en junio de 1998 pero hasta el 24 de diciembre de 2004 no fue ratificado y su entrada en vigor fue un año después, el 29 de marzo de 2005. Tiene marcado como objetivo contribuir a proteger el derecho de cada persona, el de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente que permita garantizar su salud y su bienestar, y a garantizar los derechos de acceso a la información sobre el medio

ambiente, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia medioambiental. (Castilla La Mancha)

En esta descripción también se han tenido en cuenta los límites de exposición profesional, los cuales son los valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, se centran principalmente en la exposición por inhalación, a los agentes químicos que se presentan en el lugar de trabajo, lo que hace que puedan proteger a los trabajadores en su salud, esta exposición es fundamentalmente por inhalación. (RISCTOX)

Los Límites de Exposición Profesional toda su práctica consiste en términos de Higiene Industrial, no cabe lugar en otras aplicaciones. A modo de ejemplo, sería incorrecto utilizar los Límites de Exposición Profesional en una evaluación de contaminación medioambiental de una población, de la contaminación del agua o los alimentos, para la estimación de los índices relativos de toxicidad de los agentes químicos o como prueba del origen, ya sea laboral o no, de una enfermedad o estado físico existente. (RISCTOX)

Hay dos tipos de Límites de Exposición Profesional, por una parte, los Valores Límite Ambientales (VLA), por otra, los Valores Límite Biológicos (VLB), este último se contempla como complemento indicador de la exposición. (RISCTOX)

**Los Valores Límite de Exposición Ambiental (VLA)** son los valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos que se encuentran en el aire, y representan condiciones a las cuales se crea un gran número de trabajadores/as que pueden estar expuestos cada día, durante toda su vida laboral, y sin sufrir efectos adversos para la salud, esto se basa en la información que existe hoy en día. (RISCTOX)

En estos casos, no se puede hablar de todos/as los/las trabajadores/as porque se tienen en cuenta varios factores, como la diferencia de respuesta existente entre los individuos, que se pueden basar en factores genéticos o en hábitos de vida, una pequeña cantidad de trabajadores/as pueden experimentar molestias que están por debajo de los VLA, pero también tener efectos más graves, ya sea por una condición previa o el desarrollo de una patología laboral. (RISCTOX)

La única función de los VLA es para evaluar y controlar los riesgos por inhalación de los agentes químicos que se encuentra en la lista de valores. Además, sus referencias son para determinar las medidas preventivas a adoptar, pero no garantizan la protección de todos/as los/las trabajadores/as (no tienen en cuenta la variabilidad individual), ni consideran todas las vías de exposición, dado que solo se centra en la vía respiratoria, sin saber muchas veces todos los efectos que pueden producir. (RISCTOX)

Si nos referimos a sustancias cancerígenas, mutagénicas, tóxicas para la reproducción, sensibilizantes, disruptores endocrinos o TPB (tóxicas persistentes y bioacumulativas), no existe ningún límite de seguridad, es decir, la única manera de anular el riesgo es evitar la exposición (límite cero). (RISCTOX)

Que no se supere el valor límite no significa que no haya que tomar medidas preventivas o revisar las que ya tenemos, tener esta sustancia química peligrosa ya es por sí mismo un riesgo a evitar, y gracias a las mediciones de las concentraciones ambientales y su comparación con los VLA puede ayudar a cuantificar el riesgo. (RISCTOX)

Los Valores Límites Biológicos (VLB) son los valores que se toman como referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos. (RISCTOX)

El VLB es la referencia para valorar la concentración de un producto químico o un derivado metabólico del mismo en un fluido biológico como es la sangre, la orina o el aire expirado. (RISCTOX)

Los usos del VLB pueden ser para completar la valoración ambiental, para comprobar la eficacia de los equipos de protección individual o para detectar una posible absorción dérmica y/o gastrointestinal. (RISCTOX)

A continuación vamos a describir los metales pesados más importantes y que mayor daño pueden causar al ser humano, los cuales los hemos mencionado antes.



## 2.1 ALUMINIO

El aluminio es el metal que más abunda en la corteza terrestre, donde se encuentra combinado con otros metales como son el oxígeno, el flúor o el silicio, aunque nunca en estado metálico. La fuente que más nos puede aportar aluminio es la bauxita, que está constituida por una mezcla de minerales formados por la acción de la intemperie sobre las rocas que contienen aluminio. (Nordberg)

El aluminio tiene varios usos industriales y es utilizado en cantidades superiores a cualquier otro metal no ferroso. El aluminio puede alearse con otros muchos elementos, como por ejemplo el cobre, el zinc, el silicio, el magnesio, el manganeso y el níquel, y en pequeñas cantidades pueden contener los siguientes: cromo, plomo, bismuto, titanio, circonio y vanadio. Los lingotes de aluminio y sus aleaciones pueden ser extruidos y procesados en laminadoras, trefiladores, forjas y fundiciones. Cuando el producto está terminado se utilizan en la construcción; en la industria eléctrica; en la industria aeroespacial, en la industria automotriz, en la industria ligera. Uno de los usos más importantes de la hoja de aluminio es la fabricación de envases para bebidas o alimentos, también decir que el papel de aluminio se utiliza para empaquetar. (Nordberg)

El cloruro de aluminio se utiliza en el cracking del petróleo y en la industria del caucho. Esta sustancia desprende vapores que, con el aire, forman ácido clorhídrico y combinado con el agua forman compuestos explosivos. (Nordberg)

Los riesgos que puede tener el aluminio son para la producción de aleaciones de aluminio, dado que el metal refinado se funde en hornos de fuel-oil o de gas. La emisión de estos gases (ácido clorhídrico, hidrógeno y cloro) se ha asociado a enfermedades profesionales. Además, hay que estar muy atentos a la realización de unos controles de ingeniería adecuados, que capturen emisiones y eviten su llegada al medio exterior, donde también pueden causar daños. (Nordberg)

En los hornos de fundición, se utiliza una amplia variedad de formas cristalinas del óxido de aluminio, como abrasivos, productos refractarios y catalizadores. En varios informes que se publicaron entre los años 1947 y 1949 se describen casos de fibrosis intersticial progresiva, no nodular, sobre todo en la industria de abrasivos de aluminio con procesado de óxido de aluminio y sílice. Hoy en día, conocemos a esta afección como la enfermedad de Shaver, la cual progresa rápidamente y puede llegar a ser mortal. Sus muertes fueron por exposición a un humo denso el cual se forma por óxido de aluminio, sílice libre cristalino y hierro. Cabe destacar, que esta enfermedad es a modo anecdótico, dado que tras la segunda mitad del siglo XX no se han conocido casos. (Nordberg)

Hay estudios recientes sobre el efecto para la salud que causan los óxidos de aluminio a niveles bastante elevados ( $100 \text{ mg/m}^3$ ), esto se llevó a cabo entre los trabajadores que participaron en el proceso Bayer, demostrando que los trabajadores con más de veinte años de exposición pueden desarrollar alteraciones pulmonares, las cuales se caracterizan clínicamente por cambios restrictivos leves y predominantemente asintomáticos en la función pulmonar. Por otra parte, otros estudios epidemiológicos realizados en el Reino Unido sobre el alto grado de exposición al óxido de aluminio en la industria de la alfarería no han encontrado indicios de que la inhalación del polvo de alúmina produzca signos químicos o radiológicos de enfermedad o alteración de la función pulmonar. (Nordberg)

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. Igual que en las enfermedades antes descritas, la carcinogenicidad quizás se pueda asociar a otras sustancias presentes como pueden ser hidrocarburos aromáticos policíclicos y polvos de sílice, pero realmente se desconoce la función que puede desempeñar el polvo de óxido de aluminio. (Nordberg)

## 2.2 ARSENICO

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y con alta frecuencia en los minerales sulfurosos. La arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ) es la forma que más abunda.

El arsénico se divide en tres grandes compuestos:

1. Compuestos de arsénico inorgánico
2. Compuestos de arsénico orgánico
3. Gas arsina y arsinas sustituidas.

El arsénico elemental se utiliza en aleaciones con el fin de aumentar su dureza y resistencia al calor, también pasa en las aleaciones con plomo para la fabricación de municiones y de baterías de polarización. Hay que añadir que se utiliza para la fabricación de ciertos tipos de vidrio, como componente de dispositivos eléctricos y como agente de adulteración en los productos de germanio y silicio en estado sólido. (Nordberg)

Los riesgos que puede ocasionar el arsénico son los siguientes:

### **Compuestos de arsénico inorgánico:**

Es posible que cantidades muy pequeñas de algunos compuestos de arsénico tengan un efecto benéfico, así se indica en estudios con animales, la verdad es que los compuestos de arsénico, y sobre todo los inorgánicos son venenos muy potentes. La toxicidad aguda depende siempre del compuesto, teniendo en cuenta su valencia y solubilidad en los medios biológicos. Teniendo especial consideración en los compuestos trivalentes solubles que son los más tóxicos. La exposición profesional a los compuestos de arsénico inorgánico puede producirse por inhalación, ingestión o contacto con la piel, con la consiguiente absorción. (Nordberg)

### **Intoxicación aguda:**

La exposición a dosis elevadas de compuestos de arsénico inorgánico puede producirse como una mezcla de inhalación e ingestión o como resultado de accidentes en industrias en las que se manejan grandes cantidades de arsénico, un claro ejemplo es el trióxido de arsénico. Aquí tiene gran relevancia la cantidad de la dosis, según ella se pueden presentar diferentes síntomas (síntomas de conjuntivitis, bronquitis y disnea, molestias gastrointestinales y vómitos, síntomas cardíacos y shock irreversible) y, si ésta es excesiva puede ser mortal. Para que una persona muera por intoxicación aguda se habla de niveles de arsénico superiores a  $3\text{mg/}$  en sangre. La exposición a dosis subletales de compuestos de arsénico irritantes en el aire puede producir síntomas relacionados con lesiones agudas en las membranas mucosas del aparato respiratorio y síntomas agudos por exposición cutánea. (Nordberg)

En algunos casos, se han encontrado efectos debidos a la ingestión accidental de arsenicales inorgánicos, principalmente de trióxido de arsénico. Aunque, siendo realmente realistas es muy poco probable que se den este tipo de accidentes en la industria actualmente. Respecto a los síntomas, pueden aparecer en unos minutos después de la exposición al tóxico en solución o pueden retrasarse algunas horas si el compuesto de arsénico se encuentra en estado sólido o si se han ingerido con alguna comida. De otra manera, cuando se ingiere en

forma de partículas, la toxicidad depende también de la solubilidad y del tamaño de las partículas del compuesto ingerido. La dosis mortal del trióxido de arsénico ingerido oscila entre 70 y 180 mg. La muerte se estima en un plazo de 24 horas, aunque lo normal es que el período sea de 3 a 7 días. Si la persona sobrevive, los efectos desaparecen a las 2 o 3 semanas. (Nordberg)

### **Exposición a largo plazo (intoxicación crónica)**

La intoxicación crónica con arsénico puede presentarse en trabajadores expuestos durante un tiempo prolongado a concentraciones excesivas de compuestos de arsénico en suspensión aérea. Los rasgos más característicos son sobre la mucosa del tracto respiratorio y la piel. En el caso de una exposición a largo plazo del arsénico mediante la comida, el agua o la medicación, los síntomas son diferentes de los que surgen tras la exposición por inhalación. La exposición prolongada al arsénico inorgánico por la ingestión de agua puede dar lugar a trastornos vasculares periféricos como es el fenómeno de Raynaud. En relación a la afectación hepática se ha observado con mayor frecuencia en las personas expuestas durante largo tiempo por vía oral que en las expuestas por inhalación. (Nordberg)

Las lesiones cutáneas arsenicales varían ligeramente dependiendo del tipo de exposición. Aparecen síntomas eczematoides de gravedad variable. En la exposición profesional al arsénico en suspensión aérea, pueden surgir lesiones cutáneas por irritación local. Se han descrito dos tipos de trastornos dermatológicos.

1. Uno de tipo eczematoso, con eritema (enrojecimiento), tumefacción y aparición de pápulas o vesículas.
2. Otro tipo folicular, con eritema y tumefacción o pústulas foliculares.

La lesión mucosa más clásica de la exposición crónica al arsénico es la perforación del tabique nasal tras la inhalación. (Nordberg)

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) clasifica los compuestos de arsénico inorgánico como cancerígenos pulmonares y cutáneos. Las personas expuestas a compuestos inorgánicos de arsénico presentan una mayor incidencia de angiosarcoma hepático y de cáncer de estómago. Hay una mayor frecuencia de cáncer del tracto respiratorio entre los/las trabajadores/as empleados en la producción de insecticidas que contienen arsenato de plomo y arsenato cálcico. El tiempo de latencia entre el inicio de la exposición y la aparición del cáncer es prolongado, en torno de 15 a 30 años. Hay que resaltar que en el caso de cáncer de pulmón, se ha demostrado una acción sinérgica con el consumo de tabaco. (Nordberg)

### **Compuestos de arsénico orgánico**

Los arsenicales orgánicos, como los que se utilizan en pesticidas y medicamentos, también pueden ser tóxicos, aunque sus efectos adversos no están totalmente documentados. Sin embargo, las cantidades de arsénico orgánico que se encuentran en pescados y mariscos pueden consumirse sin efectos nocivos. Estos compuestos se excretan muy rápido y a través de la orina. (Nordberg)

En lo que refiere al gas arsina y las arsinas sustituidas se han descrito grandes casos de intoxicación aguda con un alto índice de mortalidad. La arsina es uno de los agentes

hemolíticos más potentes en la industria. Su actividad hemolítica se debe a su capacidad para reducir drásticamente el contenido de glutatión de los eritrocitos. La inhalación de gas arsina es letal instantáneamente. La exposición de 25 a 50 ppm durante 30 minutos es letal y a 10 ppm puede ser letal si la exposición es más prolongada. Los signos y síntomas de la intoxicación son los característicos de una hemólisis aguda y masiva. Se sabe poco sobre la exposición repetida o crónica a la arsina, pero puesto que el gas arsina se metaboliza a arsénico inorgánico en el organismo, se puede suponer que existe el riesgo de síntomas similares a los de una exposición prolongada a los compuestos de arsénico inorgánico. (Nordberg)

## 2.3 CADMIO

Las propiedades químicas y físicas del cadmio (Cd) son muy parecidas a las del zinc, y con frecuencia coexiste con este metal en la naturaleza. El cadmio es muy resistente a la corrosión y se utiliza para su electrodeposición en otros metales, especialmente el acero y el hierro. Los tornillos, las tuercas de seguridad, los pestillos y diversas partes de los aviones y vehículos de motor están tratados con cadmio con el fin de protegerlos de la corrosión. Aunque hoy en día, solo el 8% de todo el cadmio refinado se utiliza para el galvanizado y los recubrimientos. Los compuestos de cadmio se utilizan también como pigmentos y estabilizadores de plásticos (30% de su uso en los países desarrollados). También, se puede observar que las baterías pequeñas, portátiles y recargables de cadmio en los teléfonos móviles se usan cada vez más. Existen diversas sales de cadmio, aunque la más importante es el estearato de cadmio, que es utilizado como estabilizador térmico en los plásticos de PVC. El cadmio puede representar un peligro para el medio ambiente y en muchos países se han adoptado medidas legislativas para reducir su uso y la consiguiente dispersión ambiental de cadmio. (Nordberg)

### Metabolismo y acumulación

La absorción gastrointestinal del cadmio ingerido es aproximadamente de un 2 a un 6% en condiciones normales. Las personas que poseen pocas reservas de hierro en su organismo pueden presentar una absorción de cadmio mucho mayor, de hasta un 20% de la dosis administrada. Además, se pueden absorber cantidades significativas de este metal por vía pulmonar, como consecuencia de la inhalación de humo de tabaco o por la exposición profesional al polvo de cadmio atmosférico. Se calcula que la absorción pulmonar del polvo de cadmio respirable inhalado es del 20 al 50%. Tras la absorción, ya sea por vía digestiva o respiratoria, el cadmio se transporta al hígado, donde se inicia la producción de una proteína de bajo peso molecular que se une al cadmio, la metalotioneína. (Nordberg)

Se considera que de un 80 a 90% de la dosis total de cadmio que entra en el organismo se presenta unido a la metalotioneína. Esto evita que los iones de cadmio libres ejerzan su efecto tóxico. Es probable que exista un transporte continuo por vía hemática desde el hígado al riñón de pequeñas cantidades de metalotioneína unida al cadmio. Cuando se supera la capacidad de producción de metalotioneína en las células de los túbulos, se produce la insuficiencia renal. Los riñones y el hígado presentan las concentraciones de cadmio más elevadas, puesto que contienen cerca del 50% de la carga corporal de cadmio. (Nordberg)

La eliminación de cadmio se demora en el tiempo, y por ello se acumula en el organismo, aumentando su concentración con la edad y el tiempo de exposición. Si tomamos la misma base de concentración en un mismo órgano en diferentes edades, se ha calculado que la semivida biológica del cadmio oscila entre 7 y 30 años. (Nordberg)

### Toxicidad aguda

La inhalación de compuestos de cadmio en concentraciones en el aire superiores a 1 mg Cd/m<sup>3</sup> durante 8 horas o en concentraciones superiores durante períodos más cortos puede producir una neumonitis química y, en los casos graves, edema pulmonar. Los síntomas suelen aparecer entre 1 y 8 horas después de la exposición y son similares a los de la gripe o la fiebre por humos de metales. Los síntomas más graves de la neumonitis química y del edema pulmonar pueden tener un período de latencia de hasta 24 horas. El fallecimiento puede ocurrir después de 4 o 7 días. (Nordberg)

La ingestión de bebidas contaminadas con cadmio en concentraciones superiores a 15 mg Cd/l produce síntomas de intoxicación alimentaria. Los síntomas suelen ser: náuseas, vómitos, dolor abdominal y, a veces diarrea. Las fuentes de contaminación de los alimentos pueden ser cacerolas y sartenes recubiertos con esmalte a base de cadmio o soldaduras realizadas con cadmio que se utilizan en las máquinas expendedoras de bebidas calientes y frías. (Nordberg)

### **Toxicidad crónica**

Algunas veces se han producido casos de intoxicación crónica por cadmio tras exposiciones profesionales prolongadas a humos o polvo de óxido de cadmio y a estearatos de cadmio. Los cambios asociados con la intoxicación crónica por cadmio pueden ser locales, los cuales afectan a las vías respiratorias, o sistémicos, debidos a la absorción de cadmio. Cuando hay exposiciones a concentraciones muy altas de cadmio, puede darse el caso de que aparezcan manchas amarillas en los cuellos de las piezas dentarias y la pérdida del olfato (anosmia). (Nordberg)

El enfisema pulmonar se considera un posible efecto de la exposición prolongada al cadmio existente en el aire cuando se encuentra en concentraciones superiores a 0,1 mg Cd/m<sup>3</sup>. La exposición a concentraciones de más o menos 0,2 mg Cd/m<sup>3</sup> durante más de 20 años puede producir ciertos efectos pulmonares. El enfisema pulmonar inducido por cadmio puede reducir la capacidad laboral y ser la causa de invalidez y de acortamiento de la vida. En los casos de exposición de larga duración a niveles bajos de cadmio, los riñones son los órganos críticos. El cadmio se acumula en la corteza renal. (Nordberg)

Con el fin de prevenir la insuficiencia renal que se manifiesta por b-2-microglobulinuria, en especial si la exposición profesional a los humos y polvo de cadmio puede durar hasta 25 años, esto si cogemos como estándar a una jornada laboral de 8 horas y 225 días de trabajo/año. Lo más recomendable es mantener la concentración media en cadmio respirable en niveles inferiores a 0,01 mg/m<sup>3</sup>. (Nordberg)

En la población se han encontrado casos de exposición excesiva al cadmio por la ingestión de arroz y otros alimentos contaminados, en esta clasificación también hay que considerar el agua contaminada. Por último, hay que hacer hincapié en que las lesiones renales producidas por cadmio son irreversibles y pueden seguir progresando incluso después de que cese la exposición a este metal. (Nordberg)

### **Cadmio y cáncer**

Hay varios estudios epidemiológicos que muestran una relación dosis-respuesta y un aumento de la mortalidad por cáncer pulmonar en los trabajos expuestos a cadmio. La interpretación es bastante compleja, dada la exposición simultánea a otros metales que son o se supone que pueden ser cancerígenos. En 1993, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) evaluó el riesgo de cáncer derivado de la exposición al cadmio y concluyó que debía considerarse cancerígeno para el hombre. (Nordberg)

## 2.4 COBRE

El cobre (Cu) es maleable y dúctil, además de un excelente conductor del calor y la electricidad, y su capacidad funcional se altera muy poco con la exposición al aire seco. Si se encuentra en una atmósfera húmeda con anhídrido carbónico, se cubre con una capa verde de carbonato. El cobre es un elemento esencial del metabolismo humano. (Nordberg)

Hay que decir que el cobre se encuentra principalmente en forma de compuestos minerales en los que el  $^{63}\text{Cu}$  constituye el 69,1% y el  $^{65}\text{Cu}$  el 30,9% del elemento. El cobre se puede encontrar en todos los continentes y forma parte de la mayoría de los organismos vivos. Se han encontrado algunos depósitos naturales de cobre metálico, el cual normalmente se extrae en forma de sulfuros, como por ejemplo la covelita, la calcocita, la calcopirita y la bornita, también se pueden encontrar en forma de óxidos como la malaquita, la crisocola o la calcantita. (Nordberg)

Dadas sus propiedades eléctricas, más del 75% del cobre que se produce se utiliza en la Industria eléctrica. Entre otros usos de este metal se encuentra la fabricación de cañerías para el agua, material para techumbres, baterías de cocina o equipos químicos y farmacéuticos. (Nordberg)

Sobre los riesgos, los complejos aminados de clorato cúprico, ditionato cúprico, azida cúprica y acetilidos cuprosos son explosivos, pero no tienen mayor relevancia en la industria o el sector sanitario. El acetiluro de cobre ha sido causa de explosiones en las fábricas de acetileno, por lo que su uso ha sido eliminado en la construcción de dichas plantas. Cuando los fragmentos de cobre metálico o de sus aleaciones se alojan en los ojos, se produce lo que se conoce como chalcosis. (Nordberg)

La ingestión accidental de sales de cobre solubles por lo general es inocua, ya que la inducción del vómito libera al paciente de gran parte del cobre. Podemos encontrar riesgo por toxicidad inducida por cobre en las siguientes situaciones:

- La administración oral de sales de cobre que se utiliza en algunas ocasiones con fines terapéuticos.
- El cobre disuelto procedente del filamento de ciertos dispositivos intrauterinos que se absorben sistemáticamente.
- Una fracción apreciable del cobre disuelto a partir de las conexiones utilizadas normalmente en los equipos de hemodiálisis que pueden ser retenidas por los pacientes y producir aumentos significativos de cobre hepático.
- El cobre que se ha añadido frecuentemente al pienso del ganado y las aves de corral y este se concentra en el hígado de estos animales, lo que puede incrementar considerablemente la ingesta de este elemento a ingerir este órgano.

El empleo de estiércol de animales con dietas complementadas con cobre puede producir un exceso de cobre en las verduras y cereales cultivados en los terrenos abonados con este estiércol. (Nordberg)



### **Toxicidad aguda**

En los trabajos químicos se indica que las sales de cobre son tóxicas, esto solo es cierto cuando las disoluciones se utilizan en forma incontrolada, con fines suicidas o como tratamiento tópico de áreas con quemaduras graves. (Nordberg)

### **Toxicidad crónica**

Los efectos tóxicos atribuibles al cobre sólo parecen existir en personas que han heredado una pareja específica de genes recesivos autosómicos y que debido a esto han desarrollado una degeneración hepatolenticular (enfermedad de Wilson). La mayor parte de la alimentación diaria que consume la población contiene de 2 a 5 mg de cobre, que no suelen retenerse en el organismo. El contenido corporal de cobre para una persona adulta es de 100 a 150 mg. En personas que ingieren grandes cantidades de ostras o mariscos de concha, hígado, setas, nueces y chocolate, alimentos que son ricos en cobre o en mineros que trabajan y comen durante 20 o más en un ambiente cargado con un 10-2% en polvo de minerales de cobre, se pueden obtener concentraciones 10 veces más a lo normal. Aun así, no se ha definido ningún caso de toxicidad crónica primaria por cobre (Nordberg)

## 2.5 CROMO

El cromo elemental (Cr) no se encuentra como tal en la naturaleza. El único mineral de cromo importante es la espinela, que está ampliamente distribuida en la corteza terrestre. Este mineral contiene cantidades variables de otras sustancias. Comercialmente, sólo se emplean los minerales o concentrados que contienen más del 40% de óxido de cromo. Para encontrar cromo los mejores países son Rusia, Sudáfrica, Zimbabue, Turquía, Filipinas e India. Por otra parte, los países que más cromo consumen son EEUU, Rusia, Alemania, Japón, Francia y Reino Unido. (Nordberg)

El cromo forma diversos compuestos en distintos estados de oxidación. Los que hay que tener en cuenta, son los siguientes estados de valencia II (cromosos), III (crómicos) y VI (cromados). El estado II es básico, el III es anfótero, el VI es ácido. El estado cromoso ( $\text{Cr}^{\text{II}}$ ) es inestable y se oxida con rapidez al estado crómico ( $\text{Cr}^{\text{III}}$ ). Esta inestabilidad limita el uso de los compuestos cromosos. Los compuestos crómicos son muy estables y forman muchos otros compuestos con aplicaciones comerciales, los más importantes son: el óxido crómico y el sulfato básico de cromo. (Nordberg)

El cromato y el dicromato sódico son los materiales iniciales a partir de los cuales se fabrican la mayoría de los compuestos de cromo. Estos dos compuestos se preparan directamente a partir del mineral del cromo, que se tritura, se seca y se muele. (Nordberg)

En referencia a los riesgos los compuestos con cromo en estado de oxidación  $\text{Cr}^{\text{III}}$  son menos peligrosos que los compuestos  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ . Los compuestos  $\text{Cr}^{\text{III}}$  son difíciles de absorber en el aparato digestivo y pueden combinarse con proteínas de las capas superficiales de la piel, formando complejos estables. En ausencia de una sensibilización previa con compuestos de  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , los compuestos  $\text{Cr}^{\text{III}}$  no producen ulceraciones ni suelen producir dermatitis alérgicas. (Nordberg)

Los compuestos de cromo en estado de oxidación  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  se absorben muy rápido tras la ingesta o inhalación. Los efectos irritantes y corrosivos del  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  se producen al momento después de la absorción a través de la mucosa. La exposición profesional a los compuestos de  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  pueden producir irritación o corrosión cutáneo-mucosa, reacciones cutáneas de tipo alérgico o ulceraciones de la piel. (Nordberg)

Los efectos nocivos de los compuestos de cromo se observan generalmente entre las personas que trabajan en lugares donde está presente el  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ , especialmente durante su fabricación o utilización, y afectan principalmente a la piel y al aparato respiratorio. Los riesgos industriales típicos son: inhalación de polvo y humos procedentes de la fabricación del dicromato a partir del mineral de cromita y de la fabricación de los cromatos de plomo y zinc; la inhalación de nieblas de ácido crómico durante el cromado o el revestimiento de superficies metálicas; y el contacto cutáneo con compuestos de  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  durante su fabricación o uso. (Nordberg)

En algunos países como se han realizado un gran número de estudios que han descrito una incidencia del cáncer de pulmón entre los/las trabajadores/as empleados/as en la fabricación y el uso de compuestos de  $\text{Cr}^{\text{VI}}$ . La exposición intensa a los compuestos de  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  ha producido una incidencia muy elevada de cáncer de pulmón en trabajadores/as expuestos durante 15 años o más desde la primera exposición, esto ha sido el resultado de los estudios de cohortes como de informe de casos. Una asociación entre la exposición al  $\text{Cr}^{\text{VI}}$  y el cáncer

de los órganos respiratorios en exposiciones a niveles en el aire superiores a  $50 \text{ mg Cr}^{\text{VI}}/\text{m}^3$  aire. (Nordberg)

## 2.6 MERCURIO

El mercurio es un metal que empezó a utilizarse hace muchos años, teniendo una toxicidad altamente conocida y la cual ha sido estudiada. Sus principales efectos tóxicos afectan en el ser humano tanto en el sistema nervioso central como en el periférico, sin descuidar la actividad corrosiva que puede ocasionar en otros órganos. (NTP 184)

Con frecuencia, el mercurio es fácil encontrarlo en la minería e industria, como por ejemplo en la producción de cloro, fabricación de aparatos de control (termómetros, barómetros, etc...), pinturas y lámparas o en la composición de pesticidas. Por último, el mercurio inorgánico (vapores de mercurio elemental) se encuentra frecuentemente en ambientes laborales. (NTP 184)

El mercurio se combina muy rápido con el azufre y los halógenos a temperatura normal y forma amalgamas con todos los metales excepto el hierro, el níquel, el cadmio, el aluminio, el cobalto y el platino. El mercurio inorgánico se encuentra en la naturaleza en forma de sulfuro (HgS), como mineral de cinabrio, que tiene un contenido medio de mercurio del 0,1 al 4%. Además, lo podemos encontrar en la corteza terrestre en forma de geodas de mercurio líquido (Almadén) y como esquistos y pizarras impregnadas. (Nordberg)

El mineral de mercurio se extrae por minería subterránea, y el mercurio metálico se separa del mineral mediante calentamiento en un horno rotatorio o de cuba o por reducción con óxido de hierro o calcio. Los usos más importantes del mercurio metálico y sus compuestos inorgánicos son: el tratamiento de los minerales de plata y oro, la fabricación de amalgamas, la fabricación y reparación de aparatos de medición o de laboratorio, la fabricación de bombillas eléctricas incandescentes. Algunas de estas aplicaciones se han dejado de realizar dado los efectos tóxicos a los que se someten los/las trabajadores/as. (Nordberg)

Los compuestos orgánicos de mercurio son aquellos en el que el mercurio está unido directamente a un átomo de carbono. Las uniones entre el carbono y el mercurio tienen una amplia gama de estabilidades. Los tres grupos más importantes de uso común son: los alquilos, los hidrocarburos aromáticos o arilos y los alcoxilquilos. (Nordberg)

Como riesgos, el principal es la inhalación de vapor de mercurio metálico al organismo. Sobre un 80% de los vapores de mercurio inhalados se absorbe por los pulmones. La absorción de mercurio metálico a través del aparato digestivo es despreciable (menos del 0,01% de la dosis administrada). Otra posibilidad es la penetración subcutánea accidental de mercurio metálico, por poner un ejemplo que conocemos todos, la ruptura de un termómetro. (Nordberg)

Las principales vías de entrada de los compuestos inorgánicos de mercurio son los pulmones y el tracto gastrointestinal. En este último caso, la absorción suele ser el resultado de la ingestión accidental o voluntaria. Se calcula que entre un 2 y un 10% de las sales mercuriales ingeridas se absorbe a través del tracto gastrointestinal. Tras la exposición a vapores de mercurio metálico, éste se deposita en los riñones y el encéfalo y, cuando se produce exposición a sales inorgánicas, se deposita principalmente en los riñones. (Nordberg)

### **Intoxicación aguda**

Los síntomas de una intoxicación aguda son: irritación pulmonar (neumonía química), que puede producir edema pulmonar agudo. Además es posible que resulte afectada la función renal. En la mayoría de los casos, la intoxicación aguda se debe a la ingestión accidental o voluntaria de las sales de mercurio, lo que produce una grave inflamación del tracto gastrointestinal, seguida rápidamente de una insuficiencia renal por necrosis de los túbulos contorneados proximales. (Nordberg)

### **Exposición crónica**

La intoxicación crónica por mercurio suele comenzar de forma insidiosa, lo que dificulta su detección precoz. El principal órgano afectado es el sistema nervioso. En la intoxicación crónica por mercurio predominan los síntomas digestivos y nerviosos y, aunque los primeros comienzan antes, los segundos son más evidentes. La duración del período de absorción del mercurio que precede a la aparición de los síntomas clínicos depende del nivel de absorción y de factores individuales. (Nordberg)

## 2.7 PLOMO

Los minerales de plomo se encuentran en muchos lugares del mundo. El mineral más rico es la galena (sulfuro de plomo) y constituye la fuente principal de producción comercial de este metal. En varias ocasiones, podemos encontrarnos con que los minerales de plomo pueden contener otros metales tóxicos. (Nordberg)

Los minerales de plomo se separan de la ganga y de otros elementos del mineral mediante el triturado en seco, la molturación en húmedo, la clasificación gravimétrica y la flotación. Los minerales de plomo liberados se funden mediante un proceso en tres etapas: preparación de la carga, sinterizado y reducción en hornos altos. (Nordberg)

El plomo se encuentra en una gran variedad de aleaciones y sus compuestos se preparan y utilizan en grandes cantidades en numerosas industrias. Aproximadamente un 40% del plomo se utiliza en forma metálica, un 25% en aleaciones y un 35% en compuestos químicos. (Nordberg)

Los compuestos más comunes de plomos inorgánicos son: el monóxido ( $\text{PbO}$ ), el dióxido ( $\text{PbO}_2$ ), el tetróxido ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), el sesquióxido ( $\text{Pb}_2\text{O}_3$ ), el carbonato, el sulfato, los cromatos, el arseniato, el cloruro, el silicato y la azida de plomo. La concentración máxima de compuestos de plomo orgánico en las gasolinas está sujeta a restricciones legales en muchos países y a limitaciones de los fabricantes con apoyo gubernamental en otros. En algunos hay jurisdicción que se ha prohibido su uso por completo. (Nordberg)

El principal riesgo del plomo es su toxicidad. La intoxicación por plomo ha sido siempre una de las enfermedades profesionales más importantes. Hay que agradecer a la prevención médica y técnica que ha logrado reducir notablemente el número de casos descritos y sus manifestaciones clínicas son menos graves. (Nordberg)

El consumo industrial del plomo va en aumento y los consumidores tradicionales se han ido reemplazando por nuevos usuarios, un caso clave es el plástico. Por esta razón, son muchas las profesiones en las que puede tener lugar exposición al plomo. Los riesgos del trabajo con plomo aumentan en función de la temperatura. Si el plomo se trabaja a temperaturas inferiores a  $500^\circ\text{C}$ , como ocurre en las operaciones de soldadura, el riesgo de exposición a humos es mucho menor que en la soldadura con plomo, en que la llama alcanza temperaturas mucho más elevadas. (Nordberg)

En la industria la principal vía de entrada es el aparato respiratorio. Puede absorberse cierta cantidad por las vías aéreas superiores, pero la proporción mayor se absorbe a través de la circulación pulmonar. El grado de absorción depende de la proporción de polvo en forma de partículas de un tamaño inferior a 5 micras y el volumen/minuto respiratorio del trabajador. A pesar de que el aparato respiratorio es la vía principal de entrada, una mala higiene en el trabajo, el hábito de fumar durante el mismo y una mala higiene personal pueden aumentar considerablemente la exposición, sobre todo por vía oral. (Nordberg)

Otro factor importante es el gasto de energía: el producto de la concentración en el aire y el volumen/minuto respiratorio determina la captación de plomo. Trabajar horas extras aumenta el tiempo de exposición y reduce el tiempo de recuperación. Puesto que la vía de absorción de plomo más importante es a través de los pulmones, es muy importante determinar el tamaño de las partículas de polvo de plomo industrial, que depende de la naturaleza del proceso que origina el polvo. (Nordberg)

En el organismo humano, el plomo inorgánico no se metaboliza, sino que se absorbe, se distribuye y se excreta directamente. La velocidad a la que se absorbe el plomo depende de su forma química y física y de las características fisiológicas de la persona expuesta (edad y estado nutricional). La cantidad de plomo absorbida en el tracto gastrointestinal de los adultos suele estar comprendida entre el 10 y el 15% de la cantidad ingerida, en cambio, en los niños y las mujeres embarazadas la cantidad absorbida puede aumentar hasta un 50%. Una vez en la sangre, el plomo se distribuye en tres compartimentos: la sangre, los tejidos blandos (riñón, médula ósea, hígado y cerebro) y el tejido mineralizado (huesos y dientes). (Nordberg)

En algunos estudios de exposición única en adultos, el plomo muestra una semivida en sangre de aproximadamente 25 días, en los tejidos blandos de unos 40 días y en la porción no lábil de los huesos más de 25 años. El organismo acumula este metal durante toda la vida y lo libera lentamente, por lo que incluso dosis pequeñas pueden producir con el tiempo una intoxicación por plomo. (Nordberg)

Los efectos biológicos del plomo son los mismos dando igual que entren al organismo por inhalación o ingestión. El destino más sensible de intoxicación por plomo es el sistema nervioso. Los depósitos maternos de plomo atraviesan muy rápido la barrera placentaria y representa un riesgo para el feto. (Nordberg)

La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) ha clasificado al plomo inorgánico y los compuestos de plomo inorgánico en el Grupo 2B como posibles cancerígenos para las personas. Hay que resaltar que los errores de diagnóstico de las molestias gastrointestinales inducidas por plomo han dado lugar a cirugías abdominales inadecuadas. (Nordberg)

Las pruebas de laboratorio más recomendables para evaluar la intoxicación por plomo son: (Nordberg)

- RHC con frotis periférico.
- Niveles de plomo en sangre.
- Niveles de protoporfina eritrocítica.
- NUS y niveles de creatinina.
- Análisis de orina.
- Ácido delta-aminolevulínico (ALA) en orina.

## 2.8 TALIO

El talio (Tl) está ampliamente distribuido en la corteza terrestre, aunque en concentraciones muy bajas. También se encuentra asociado con otros metales pesados en pirritas y blendas y en los nódulos de manganeso en el lecho de los océanos. (Nordberg)

El talio se utiliza en la fabricación de sales de talio, aleaciones de mercurio, cristales resistentes a la fusión, células fotoeléctricas, lámparas y componentes electrónicos. A pesar de que se han preparado muchas sales de talio, pocas tienen importancia comercial, las más importantes son el hidróxido de talio (TlOH) o hidróxido talioso y el sulfato de talio (Tl<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o sulfato talioso. (Nordberg)

Respecto a los riesgos del talio, hay que tener en cuenta que es un sensibilizador de la piel y un veneno acumulativo que resulta tóxico por ingestión, inhalación o absorción cutánea. La exposición profesional puede producirse durante la extracción del metal de los minerales que lo contienen. (Nordberg)

La acción tóxica del talio y sus compuestos está bien documentada en los informes de casos de intoxicación aguda no profesional y en casos de uso homicida o suicida. La intoxicación profesional por talio suele ser resultado de una exposición moderada a largo plazo y los síntomas son mucho menos acusados que los observados en una intoxicación aguda accidental, suicida u homicida. El curso es generalmente poco notable y se caracteriza por síntomas subjetivos como astenia, irritabilidad, dolor de piernas y trastornos nerviosos. (Nordberg)

Los antecedentes laborales de la víctima suelen ser la primera pista para diagnosticar la intoxicación por talio, pues puede pasar mucho tiempo antes de que los síntomas iniciales vagos sean reemplazados por la polineuritis y la caída del cabello. Cuando se produce una caída masiva del cabello, se sospecha inmediatamente la intoxicación por talio. Por otra parte, en la intoxicación profesional, con una exposición habitualmente moderada pero prolongada, la pérdida de cabello puede ser un síntoma tardío, que con frecuencia sólo se percibe después de la aparición de la polineuritis. En los casos de intoxicación leve, puede incluso no producirse. (Nordberg)

Los dos criterios principales para el diagnóstico de la intoxicación profesional por talio son:

1. La historia laboral, que muestre al paciente si ha estado o puede haber estado expuesto al talio en trabajos como la manipulación de raticidas, la producción de talio o el uso de diversas sales de talio.
2. Síntomas neurológicos, dominados inicialmente por cambios subjetivos en forma de parestesias y, más adelante, por cambios en los reflejos.

Las concentraciones de talio en la orina superiores a 500 mg/l se han asociado con la intoxicación clínica. (Nordberg)



## 2.9 ZINC

El zinc (Zn) se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza y constituye aproximadamente un 0,02% de la corteza terrestre. Adopta la forma de sulfuro (esfalerita), carbonato, óxido o silicato (calamina) de zinc, combinado con muchos minerales. La esfalerita, el principal mineral de zinc y fuente de al menos el 90% del zinc metálico, contiene hierro y cadmio como impurezas. (Nordberg)

Cuando el zinc se expone a la acción del aire se recubre de una película de óxido que protege el metal de oxidaciones posteriores. En esta resistencia a la corrosión atmosférica reside uno de sus principales usos: la protección del acero mediante galvanización. La capacidad del zinc para proteger los metales ferrosos de la corrosión puede potenciarse mediante electrólisis. (Nordberg)

Cuando se alea con cobre, se obtiene el importante grupo de aleaciones denominadas bronce, los cuales son los siguientes: el óxido de zinc (ZnO) o blanco de zinc (flores de zinc); el cromato de zinc (ZnCrO<sub>4</sub>) o amarillo de zinc; el cianuro de zinc (Zn(CN)<sub>2</sub>); el sulfato de zinc (ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) o vitriolo blanco; el fosforo de zinc (Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>) y el cloruro de zinc (ZnCl<sub>2</sub>) o manteca de zinc. (Nordberg)

En cuanto a los riesgos el zinc es un nutriente esencial. Es un componente de las metaloenzimas que participan en el metabolismo de los ácidos nucleicos y en la síntesis de las proteínas. El zinc no se acumula en el organismo y los expertos en nutrición recomiendan una ingesta diaria mínima de zinc. Su absorción es más fácil a partir de proteínas animales que de productos vegetales. (Nordberg)

Algunas de las manifestaciones clínicas de los déficits crónicos de zinc en el hombre son: el retraso del crecimiento, hipogonadismo en los varones, alteraciones cutáneas, falta de apetito, letargo mental y retardo en la cicatrización de las heridas. En teoría, las sales de zinc son astringentes, higroscópicas, corrosivas y antisépticas. (Nordberg)

El umbral de sabor de las sales de zinc es de aproximadamente 15 ppm, cuando el agua contiene 30 ppm de sales solubles de zinc. Las sales de zinc son irritantes para el tracto gastrointestinal y su concentración en solución acuosa con efectos eméticos varía entre 675 y 2280 ppm. La solubilidad del zinc en líquidos ligeramente ácidos, en presencia de hierro en algunas ocasiones ha provocado la ingestión accidental de grandes cantidades de zinc por la preparación de alimentos ácidos como zumos de frutas o en recipientes de hierro galvanizado desgastados. (Nordberg)

Varias sales de zinc pueden entrar al organismo por inhalación, a través de la piel o por ingestión y producir intoxicación. En la metalurgia y la producción de zinc el riesgo más frecuente es la exposición a los humos de óxido de zinc, que puede causar la fiebre de los humos metálicos, sobre este tema hablaremos más adelante. Hay que decir, que las crisis son de corta duración (en casi todos los casos, se observa una recuperación completa a las 24 horas siguientes a la aparición de los síntomas) y, se desarrolla cierta tolerancia. (Nordberg)

El fosforo de zinc, que se utiliza como rodenticida, es tóxico para la población tanto por vía oral, como inhalado o inyectado y, junto con el cloruro de zinc, es la más peligrosa de las sales de zinc. Estas dos sustancias han sido la causa de las únicas muertes claramente debidas a una intoxicación por zinc. (Nordberg)

### 3. CONTAMINACIÓN POR SOLDADURA Y HUMOS METÁLICOS

Los humos de soldadura son una mezcla de partículas y gases que se generan dado el fuerte calentamiento de las sustancias que se encuentran en ese momento en el lugar de trabajo de la soldadura o del oxicorte. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

- Las sustancias principales son:
- Las piezas a soldar.
- Los posibles recubrimientos superficiales de estas piezas.
- Los materiales de aporte en el proceso de soldadura.
- El aire en la zona de soldadura y su posible contaminación.

Los contaminantes de los humos de soldadura pueden dañar las vías respiratorias, los pulmones y el sistema nervioso, lo que puede provocar cáncer. Dada la gravedad de los daños, en algunas ocasiones los síntomas pueden tardar en aparecer varios meses o años. (AEPSAL)

#### 3.1 TIPOS DE SOLDADURA

Actualmente se conocen varios tipos de soldadura, según donde recabes la información varía el número, pero los más frecuentes e importantes son los que se muestran a continuación:

- Soldadura por gas.
- Soldadura por arco eléctrico.
- Soldadura MMAW.
- Soldadura MIG.
- Soldadura TIG.

**Soldadura por gas:**

Se conoce soldadura por gas la que se centra en la combustión, que proviene de una llama de acetileno, la cual es capaz de llegar hasta los 3200°C. Con este tipo de soldadura también se puede trabajar en temperaturas un poco más bajas, es lo que se conoce como soldadura fuerte, para ello se utiliza un soplete de gas licuado de petróleo. (Mengíbar Fernández)

Este tipo de soldadura se utiliza habitualmente en la plomería, por lo que es bastante común su utilización en la reparación de tuberías domésticas. Su mayor ventaja es el bajo coste, por el contrario su desventaja, es el intervalo de tiempo que necesita para secarse. (Mengíbar Fernández)

**Soldadura por arco eléctrico.**

Para poder realizar la soldadura por arco eléctrico es necesario una fuente de energía eléctrica, en principio no carece de importancia si la corriente es alterna o continua, dado que el objetivo es fundir el metal para poder unir las piezas con las que se está trabajando. Su principal uso es en los aceros inoxidables, de baja aleación o al carbono, aunque también pueden usarse en aleaciones de base de níquel y en aplicaciones de superficie. (Mengíbar Fernández)

**Soldadura MMAW.**

La soldadura metálica manual por arco, viene denominada del inglés Metal Manual Arc Welding (MMAW), y se basa en que los electrodos de acero que vienen recubiertos por un material, cuando se funden por el calor del soldador hace que se genere un escudo de dióxido de carbono que no permite entrar al oxígeno y no se generan desechos, así cuando se funde el acero del núcleo del electrodo estos metales quedan sellados. Al ser una técnica tan sencilla se suele utilizar en tareas domésticas de bricolaje. (Mengíbar Fernández)

**Soldadura MIG.**

Este tipo de soldadura se denomina MIG por el uso del gas de metal inerte, es similar a la soldadura manual por arco (MMAW). El MIG tiene otro mecanismo a la hora de consumir el gas, aunque también evite la formación de escorias. Los equipos para los soldadores son más complejos y no es recomendable su utilización al aire libre, por el uso del gas. Hay que añadir, que el equipamiento de seguridad es más complejo que en las demás soldaduras. Su principal uso es para grandes cantidades de metal y trabajos más complejos. (Mengíbar Fernández)

**Soldadura TIG.**

Se denomina soldadura TIG por la utilización del gas inerte de tungsteno, es utilizada para trabajos delicados, como la unión de metales finos. Dada su dificultad, suelen ser realizadas por profesionales con gran experiencia para llevarlas a cabo. (Mengíbar Fernández)

### 3.2 EXPOSICIÓN A CONTAMINANTES TÓXICOS

Podemos encontrar 4 tipos de inhalación de humos metálicos:

1. Inhalación de humos metálicos provenientes del metal de base y de los electrodos.
2. Inhalación de humos metálicos provenientes del recubrimiento de las piezas a soldar.
3. Inhalación de humos metálicos provenientes de los materiales de aporte usados en el proceso de soldadura.
4. Inhalación de gases y vapores provenientes de la transformación térmica que se produce durante el proceso de soldadura.

#### **Inhalación de humos metálicos provenientes del metal de base y de los electrodos.**

Los contaminantes presentes pueden ser óxidos de hierro, cobre, cromo, níquel, manganeso, cobalto, aluminio, molibdeno, titanio, tungsteno y el vanadio, entre otros. Los soldadores que están expuestos a humos de aceros inoxidable de alta aleación, ricos en cromo y níquel, tienen más probabilidades de padecer un cáncer de pulmón. Uno de los principales riesgos de los soldadores es la inhalación de humos de cromo hexavalente. (AEPSAL)

El Manganeso también se encuentra en algunos aceros, la exposición a estos humos afecta al sistema nervioso central. Actualmente, esta información hace que el manganeso sea uno de los tóxicos más estudiados en los últimos años, esto ha derivado que su límite de exposición profesional, más conocido como VLA en España, haya ido disminuyendo de una manera radical. Por otra parte, si hablamos del cadmio, su exposición cada vez es menor, aunque sigue siendo uno de los metales con mayor toxicidad. Respecto a este metal, si hablamos de exposición aguda el órgano más afectado es el pulmón y, en la exposición crónica los riñones. (AEPSAL)

<b>Inhalación de humos metálicos provenientes del metal base y de los electrodos</b>		
<b>Tareas a realizar:</b>	<b>Metales bases de mayor frecuencia:</b>	<b>Contaminantes característicos de los metales:</b>
Soldadura, corte, vaciado o relleno realizada por cualquier técnica en el cual se produzca una fusión del material base de la pieza.	Aceros al carbono.	Hierro, Manganeso.
	Aceros aleados.	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel.
	Acero inoxidable.	Hierro, Manganeso, Cromo, Níquel.
	Aluminio.	Aluminio.
	Bronce (según tipología).	Cobre, Estaño, Níquel, Plomo, Zinc, Berilio.
	Latón aleado.	Cobre, Zinc, Estaño, Manganeso, Plomo.
	Aleaciones de cobre-berilio.	Cobre – Berilio.
	Plomo.	Plomo.

Tabla 1

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### **Inhalación de humos metálicos provenientes del recubrimiento de las piezas a soldar.**

En la inhalación de humos metálicos provenientes del recubrimiento de las piezas a soldar hay que tener excesivo cuidado con los óxidos de hierro, cromo, plomo y zinc. En la soldadura blanda (temperatura de fusión  $< 450^{\circ}\text{C}$ ) el metal de aporte suele ser el plomo y el estaño, aunque también se pueden usar el antimonio, cadmio, plata, cobre y zinc. Los fundentes pueden contener tanto compuestos inorgánicos (cloro y flúor), como compuestos orgánicos (derivados halogenados de aminas y amidas). (AEPSAL)

En la soldadura dura (temperatura de fusión  $> 450^{\circ}\text{C}$ ) el metal de aporte puede ser a base de cobre, cadmio, plata, aluminio, níquel. Los fundentes pueden contener boro, fluoruros, fosfatos, cloruros y silicatos. (AEPSAL)

Inhalación de humos metálicos provenientes del recubrimiento de las piezas a soldar			
Tareas a realizar:	Recubrimientos de mayor frecuencia:	Contaminantes característicos de los metales:	
Soldadura y corte realizada por cualquier técnica en el cual se produzca una fusión del recubrimiento de la pieza.	Recubrimientos metálicos.	Galvanizado.	Óxido de zinc y de plomo.
		Cromado.	Óxido de cromo.
		Niquelado.	Óxido de níquel.
		Cobreado.	Óxido de cobre.
		Cadmiado.	Óxido de cadmio.
	Recubrimientos con pinturas, barnices, resinas, plásticos.	Todos.	Anhídrido carbónico, Monóxido de carbono. Además mezclas complejas de descomposición de productos orgánicos.
		Pinturas en general.	Óxidos de los metales de sus pigmentos.
		Pinturas con minio.	Óxido de plomo.
	Impregnación de las piezas con residuos de fabricación.	Pinturas con cromatos.	Óxido de plomo, cromo y zinc.
		Fluidos de corte o aceites antioxidantes.	Anhídrido carbónico, monóxido de carbono, Acroleína. También mezclas complejas de descomposición de productos orgánicos.
Instalación y desguace de equipos con aislamiento de amianto a través de la soldadura y el oxicorte.	Disolventes clorados (ticlوروetileno o percloroetileno).	Fosgeno.	
		Amianto.	

Tabla 2

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

**Inhalación de humos metálicos provenientes de los materiales de aporte usados en el proceso de soldadura.**

<b>Inhalación de humos metálicos provenientes de los materiales aporte usados en el proceso de soldadura</b>			
<b>Materiales de aporte:</b>	<b>Tipos de soldadura:</b>	<b>Contaminantes característicos de los metales:</b>	
Varilla o alambre desnudo.	Con soplete (Autógena, oxigás, oxiacetilénica).	Óxidos de cobre, zinc, estaño, berilio, manganeso, plomo, plata, cadmio.	
	TIG, MIG, MAG.	Óxidos de los metales del hilo o de la varilla de aporte (suelen coincidir con los de las piezas) Óxido de cobre cuando va recubierto de ese metal.	
	Soldaduras blandas (con resina de colofonia).	Óxidos de estaño, plata, plomo, cobre.	
Electrodo revestido.	Manual al arco eléctrico / Tipo de revestido.	Todos.	Óxidos de hierro y manganeso.
		Ácido.	Sílice amorfa.
		De rutilo.	Óxido de titanio.
		Básico.	Fluoruros.
		Celulósico.	Monóxido y Dióxido de carbono.
		Grafito cobreado.	Óxido de cobre, monóxido y dióxido de carbono.
		Otros especiales.	Óxidos de cobre, zinc, plomo, níquel y cromo.
Gas de protección.	MAG, MIG, TIG o Plasma.	Cuando hay anhídrido carbónico: Monóxido y dióxido de carbono.	
Gases de combustión.	Oxigás.	Óxidos nitrosos.	
	Oxiacetilénica (acetileno obtenido del carburo cálcico).	Fosfina.	
Fundente, Flux, Decapante y Termita.	Electrodo sumergido.	Fluoruros.	
	Uso de decapantes ácidos.	Fluoruros, cloruros.	
	Uso de bórax, carbonatos.	Óxidos alcalinos.	
	Aluminotermia.	Óxidos de aluminio y de hierro.	

Tabla 3

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### **Inhalación de gases y vapores provenientes de la transformación térmica que se produce durante el proceso de soldadura.**

Los contaminantes más importantes en este grupo son el ozono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y una serie de productos de descomposición como el fosgeno, ácido cianhídrico, fluoruros y aldehídos entre otros. (AEPSAL)

<b>Inhalación de gases y vapores provenientes de la transformación térmica que se produce durante el proceso de soldadura</b>		
<b>Trabajos a realizar:</b>	<b>Contaminantes característicos de los metales:</b>	<b>Reacciones que los originan:</b>
Todas, pero hay que hacer especial hincapié en la soldadura, el corte el calentamiento con la llama.	Óxidos de nitrógeno.	Oxidación del nitrógeno del aire.
Soldaduras al arco eléctrico: Electroodos, TIG, MIG, plasma. Aunque tienen especial connotación las piezas trabajadas con aluminio.	Ozono.	Acción de las radiaciones ultravioleta sobre el oxígeno del aire.
Todas, pero cuando el aire está contaminado con disolventes clorados.	Fosgeno.	Descomposición de los disolventes clorados: tictloroetileno o percloroetileno que pueden venir por el secado de las piezas.

**Tabla 4**

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)



A modo resumen, en el cuadro adjunto se describen los principales metales que pueden encontrarse en las operaciones de soldadura, las manifestaciones clínicas agudas y crónicas, sus VLA (Valores Límite Ambientales) y sus VLB (Valores Límite Biológicos). (AEPSAL) (INSSBT)

Proceso de soldadura y naturaleza de los humos metálicos			
	Intoxicación aguda	Intoxicación crónica	Valores Límite (2019)
<b>CADMIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absorción respiratoria: “fiebres de los metales”, neumonitis química, edema de pulmón.</li> <li>Absorción digestiva: dolor abdominal, náuseas, vómitos, diarrea.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rinitis: perforación del tabique nasal, anosmia, bronquitis, enfisema.</li> <li>Pigmentación amarilla de los dientes.</li> <li>Nefropatía cádmica: tubulopatía proximal.</li> <li>Cancerígeno de pulmón y de próstata.</li> </ul>	VLA-ED: 0,01 mg/m <sup>3</sup> VLB: 2 en µg/g creatinina (orina), 5 µg/g en sangre.
<b>CROMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gastrointestinal: dolor abdominal, vómitos, diarrea, hemorragia intestinal.</li> <li>Insuficiencia renal aguda por necrosis tubular.</li> <li>Insuficiencia hepática.               <ul style="list-style-type: none"> <li>Coagulopatía.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cutánea: úlceras 5-10 mm, indoloras, dorso de manos y dedos (“nidios de paloma”). Dermatitis de contacto.</li> <li>Respiratoria: rinitis – úlcera – perforación del tabique nasal.</li> <li>Cancerígeno de pulmón y senos nasales y para-nasales.</li> </ul>	VLA-ED: 2 mg/m <sup>3</sup>
<b>BERILIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación de VAS: Neumonitis química.</li> <li>“Fiebre de los metales”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fibrosis pulmonar.</li> <li>Cutánea: Granulomas.</li> <li>Cancerígeno de pulmón.</li> </ul>	VLA-ED: 0,0002 mg/m <sup>3</sup>
<b>NÍQUEL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>“Fiebre de los metales”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Respiratoria: rinitis – perforación del tabique nasal. Sinusitis, anosmia. Cáncer bronco-pulmonar o etmoidal.</li> <li>Cancerígeno de pulmón y senos nasales y paranasales.</li> </ul>	VLA-ED: 1 mg/m <sup>3</sup>
<b>ALUMINIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Encefalopatía (pacientes de diálisis).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Enfermedad de Shaver (fibrosis pulmonar)</li> </ul>	VLA-ED: Humos: 5 mg/m <sup>3</sup> Polvos: 10 mg/m <sup>3</sup>

Proceso de soldadura y naturaleza de los humos metálicos			
<b>ZINC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Fiebre de los metales” Es el metal en que se da con mayor frecuencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respiratoria: rinitis – perforación tabique nasal.</li> <li>• Cutánea: Dermatitis de contacto.</li> <li>• Ocular: Conjuntivitis. Alteraciones retinianas.</li> </ul>	VLA-ED: 1 mg/m <sup>3</sup>
<b>COBRE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Fiebre de los metales”.</li> <li>• Alteraciones digestivas.</li> <li>• Insuficiencia hepática.</li> <li>• Insuficiencia renal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perforación del tabique nasal.</li> <li>• Coloración verdosa de piel y faneras.</li> <li>• Dermatitis de contacto.</li> <li>• Alteraciones hepáticas.</li> </ul>	VLA-ED: 0,1 mg/m <sup>3</sup>
<b>COBALTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones digestivas. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones respiratorias.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dermatitis de contacto.</li> <li>• Fibrosis pulmonar.</li> </ul>	VLA-ED: 0,02 mg/m <sup>3</sup> VLB: 15 en µg/l en orina, 1 µg/l en sangre.
<b>MANGANESO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neumonitis química: Neumonía mangánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones respiratorias.</li> <li>• Cuadro neuro-psiquiátrico: “psicosis mangánica (danza, canta y ríe, llora, confunde las herramientas, alteración de la expresión verbal y escrita).</li> <li>• “Síndrome Parkinsoniano”, con hipertonía y temblor de extremidades inferiores (“paso de pollo”)</li> </ul>	VLA-ED: Inhalable: 0,2 mg/m <sup>3</sup> Respirable: 0,05 mg/m <sup>3</sup>
<b>PLOMO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digestivas: cólico saturnino: Dolor, vómitos, estreñimiento.</li> <li>• Encefalopatía saturnina: Convulsiones, coma, muerte. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Renales: Albuminuria, cilindruria, oliguria.</li> </ul> </li> <li>• Hepáticas: de citolisis a necrosis hepática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteraciones hematológicas (anemia saturnina).</li> <li>• Alteraciones digestivas (constipación).</li> <li>• SNC (sistema nervioso central): cefalea, insomnio, alteraciones del carácter y memoria.</li> <li>• SNP (sistema nervioso periférico): polineuropatía motora extremidades superiores. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipoespermia.</li> </ul> </li> <li>• HTA (hipertensión arterial): por afección renal.</li> <li>• Enfermedad renal crónica.</li> </ul>	VLA-ED: 0,15 mg/m <sup>3</sup> VLB: 70 µg/dl en sangre

Tabla 5 Fuente: (AEPSAL) (INSSBT)

### 3.3 DEPENDENCIA DE LA CANTIDAD DE HUMOS INHALADOS POR EL SOLDADOR.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de humos que inhala un soldador dependen prácticamente de los siguientes factores: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

1. La producción total de humos en el trabajo.
2. La posición del soldador con respecto al punto de soldadura.
3. La ventilación.
4. La pantalla de soldadura.
5. La protección individual de las vías respiratorias.

## 1. Producción total de humos en el trabajo:

La cantidad de humos de soldadura va variando entre unos procesos y otros, además dentro de cada proceso hay que tener en cuenta los diversos factores que afectan, todo esto se puede observar en la siguiente tabla. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

Variabilidad de la cantidad de humos emitidos		
Contaminantes	Factores que alteran la cantidad de humos emitidos	
Partículas y gases.	<p>El tiempo efectivo de la duración de la soldadura.</p> <p>La cantidad de materiales que se ha consumido.</p> <p>La potencia calorífica aplicada, como la intensidad de la corriente eléctrica o el caudal de los gases de combustión.</p> <p>Recubrimiento de las piezas que contengan pinturas, barnices o plásticos.</p>	
Partículas. (Humos visibles)	<p>Los metales que interactúan en su punto de fusión, es decir, cuanto más bajo, mayor emisión.</p>	
	<p>Emisión alta: Piezas cadmiadas. Cadmio 321°C Piezas emplomadas. Plomo 327°C Piezas galvanizadas. Zinc 420°C</p> <p>Emisión media: Aceros al carbono: 1245°C Hierro 1535°C</p> <p>Emisión baja: Aceros inoxidable: Níquel 1453°C Cromo 1939°C</p>	
	<p>El diámetro del electrodo, como mínimo los no consumibles (TIG).</p> <p>El revestimiento del electrodo, en un orden ascendente. Varilla desnuda → Ácido → Básico → Rutilo → Celulósico.</p>	
Gases nitrosos.	Un soplete quemando en “vacío” hace que se produzcan más gases nitrosos porque toda la energía calorífica se concentra en el aire, oxidando más vehemente el nitrógeno.	
Gases (Humos no visibles)	Monóxido y dióxido de carbono.	En los procesos de soldadura MIG y MAG, la producción de estos gases (CO y CO <sub>2</sub> ) será mayor cuanto más alta sea la proporción de anhídrido carbónico en el gas de protección.
	Ozono.	Cuanta más radiación ultravioleta se produce, mayor aumento de la cantidad de ozono se genera.
	Fosgeno.	Cuando el uso sea de disolventes clorados sea en la impregnación de las piezas hará que aumente la concentración en el ambiente.
	Otros gases.	Cuanta mayor cantidad de uso de fluxes, fundentes o decapantes mayor será la generación de gases irritantes.

Tabla 6

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

## 2. La posición del soldador con respecto al punto de soldadura.

Hay que tener en cuenta dos aspectos que van en función de la postura que decida tomar el soldador durante su jornada laboral lo que repercute en la cantidad de humos inhalados por parte del trabajador/a: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

- Su posición con respecto a la vertical del punto de soldadura.
- La distancia al punto de soldadura.

### **Influencia de la posición con respecto a la vertical del punto de soldadura:**

Si el soldador adopta una postura haciendo que su cara quede verticalmente al punto de soldadura, los humos le vienen directos a la cara lo que provoca que la cantidad de humos inhalados sea superior que si aparta la cara. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### **Influencia de la distancia de la cara del soldador al punto de soldadura:**

Cuanto más acerque la cara el soldador al punto de soldadura, mayor será la cantidad de humos inhalada, esto se entiende por dos motivos:

1. Los humos se generan en el punto de soldadura y su concentración disminuye a medida que se alejan de él, diluyéndose en el ambiente.

2. Los gases que se forman en el punto de soldadura, como por ejemplo el CO (monóxido de carbono) por descomposición del CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico) del gas de aporte, y el O<sub>3</sub> (ozono) por oxidación del oxígeno del aire, vuelven a reconvertirse en CO<sub>2</sub> y oxígeno a poca distancia del punto de formación, disminuyendo y desapareciendo, respectivamente, su peligrosidad.

Sin olvidar que el soldador inconscientemente se acerca demasiado al punto de soldadura para tener una mejor visión, dado que utilizan oculares filtrantes de mayor protección, los tienen sucios o picados o por no tener la graduación adecuada en sus lentes correctoras. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 3. Influencia de la ventilación

La ventilación es lo más importante en los trabajadores de soldadura para evitar la inhalación de humos por parte del soldador.

Los humos afectan de dos maneras, primero de una manera directa e intensa, dada su cercanía al foco de generación, después de una manera indirecta y moderada dado el aumento de contaminación que se produce en el ambiente.

La magnitud de la inhalación directa del trabajador tiene que ver con la calidad de la ventilación localizada que tiene en su puesto de trabajo. Por el contrario, la magnitud de la inhalación indirecta tiene que ver con el soldador y sus compañeros/as, según la ventilación que hagan del puesto de trabajo será menor o mayor. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 4. Influencia de la pantalla de soldadura

La pantalla de soldadura tiene la función de ser un escudo protector para el trabajador, así con esta función se evita que los humos metálicos se administre por las vías respiratorias.

Hay que tener en cuenta que la eficacia de la pantalla de soldadura es según el ajuste que con lleve en la cara, cuello y pecho del trabajador.

Si hay que elegir pantalla, son mejores las abatibles que las de mano, dado que dan una mayor protección, si además cuentan con dispositivos de aporte de aire hace que haya una sobrepresión dentro de la pantalla que permite que no entre el aire contaminado. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)



**Pantalla de mano.**

Ilustración 1



**Pantalla abatible.**

Ilustración 2

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

## 5. Influencia de la protección individual de las vías respiratorias

La utilización de los equipos de protección individual (EPI) puede conseguir que la inhalación de los humos de soldadura sea reducida en las vías respiratorias, aunque su eficacia depende de los contaminantes que se encuentren en ese momento, de la concentración y de las características del equipo de protección. Podemos hablar de:

- Las partículas de los humos de soldadura pueden ser retenidas mediante equipos filtrantes marcados con los códigos correspondientes a los tipos P1, P2 y P3 (orden creciente de eficacia de retención), y el color blanco.
- Los vapores ácidos de cloruros y fluoruros también pueden ser retenidos con equipos filtrantes, pero los códigos son diferentes, los cuales son E1, E2 y E3, y a diferencia del color blanco, aquí se utiliza el color amarillo. Algunas veces, según el fabricante, los códigos son B1, B2 y B3, y el color es el gris.
- Si hablamos del resto de gases que también son habituales en los humos de soldadura no contamos con equipos filtrantes que puedan resultar operativos, esto puede ser porque no proporcionan una eficacia que permita cubrir la continua exposición a los trabajadores de soldadura, como por ejemplo son los gases nitrosos, de ozono o fosgeno, entre otros muchos. Otra razón, es que no existen filtros apropiados que hayan sido fabricados, en este caso para el monóxido de carbono y el anhídrido carbónico.
- Las pantallas de soldadura, que hemos mencionado anteriormente, si están equipadas con un dispositivo de suministro de aire filtrado que tienen una doble ventaja, la primera que el elemento filtrante está en la espalda del soldador, por lo que el aire filtrado tiene menor concentración, esto también hace que el trabajador este más alejado del punto de soldadura, y lo segundo, que está no provoca resistencia al paso del aire a las vías respiratorias.
- Los equipos aislantes con aporte de aire respirable, es decir, los autónomos con botellas portátiles, o los semiautónomos con manguera desde compresores o botellas fijas, son muy efectivos contra los humos de soldadura, contra las partículas y los gases. Pero la verdad, que estos equipos están muy restringidos para su uso y solo se usan en condiciones de carácter especial, por ejemplo cuando son periodos muy cortos de exposición, espacios confinados o ambientes deficientes de oxígeno. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 3.4 RIESGOS PARA LA SALUD

La inhalación de humos de soldadura puede provocar diversos daños en la salud dependiendo de los contaminantes que contengan. Dentro de estos daños podemos diferenciar entre intoxicaciones crónicas, agudas, que pueden ir de daños leves hasta la muerte. También hay que mencionar las exposiciones sensibilizantes, cancerígenas y teratógenos. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

#### **Efectos agudos**

Los efectos agudos son aquellos que se mantienen con vida por exposiciones a altas concentraciones de contaminantes, que están por encima de los Valores Límites Ambientales, en un breve período de tiempo, es decir, en una jornada laboral si nos referimos a trabajadores de soldadura. Las enfermedades son irritación del tracto respiratorio, asfixia química y fiebre de los metales, de este último hablaremos más adelante. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

#### **Efectos crónicos**

Hablamos de efectos crónicos cuando el trabajador ha estado expuesto a largos períodos de exposición a concentraciones moderadas de contaminantes, suelen estar por encima de los Valores Límites Ambientales. Este tipo de efectos son los más famosos en la inhalación de humos de soldadura y pueden aparecer tras largos años de trabajo, incluso una vez que el trabajador se ha jubilado pueden aparecerle estos efectos. Además, estos efectos suelen aparecer en el sistema respiratorio. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

#### **Efectos sensibilizantes**

Los efectos sensibilizantes son conocidos cuando después de haber estado expuesto a una sustancia, ya sean prolongadas o intensas, nace una hipersensibilidad hacia la misma, lo que produce reacciones fisiológicas cuando se toman nuevas exposiciones, aunque sean mínimas. En los humos de soldadura, suelen atacar al sistema respiratorio, siendo el asma el efecto más conocido. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

#### **Efectos cancerígenos**

Actualmente no hay información con certeza para especificar que los humos de soldadura son de carácter cancerígeno, por eso tenemos que ir al I.A.R.C. (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer) que los clasifica en el grupo 2B, correspondiente a los agentes “posibles cancerígenos para los humanos”.

Hay un agente cancerígeno que nos debe preocupar, el cual es el amianto, dado que en los trabajadores de soldadura o en el desguace de equipos calorifugados (tuberías, hornos, calderas o barcos), dado que está demostrado que las fibras que se desprenden del amianto durante la realización de estos trabajos puede provocar mesoteliomas pleurales y otros tipos de cánceres pulmonares. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)



### **Efectos teratógenos**

Hablamos de efectos teratógenos cuando estos pueden perjudicar el desarrollo del feto durante el embarazo. En los humos de soldadura tienen esta propiedad el plomo y el monóxido de carbono, aunque también se considera que el cadmio y el pentóxido de vanadio sean portadores de esta propiedad. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 3.5 FIEBRE POR HUMOS DE METALES (FHM)

Cuando los/las trabajadores/as están expuestos en sus puestos de trabajo a la inhalación de humos y polvo de metal, pueden originar reacciones febriles, a esto se le conoce como fiebre por humos de metales (FHM). Un estudio determinó que un 31% de soldadores entre 20 y 59 años han sufrido síntomas de FHM en alguna ocasión, dado que el síndrome puede manifestarse en cualquier persona, dependiendo de la exposición a la que ha estado expuesto el/la trabajador/a al agente desencadenante. Por lo tanto, se descarta que el sujeto afectado requiera una sensibilidad especial y demuestra que contraer la FHM es por el mal control ambiental que hay en el lugar de trabajo. (DDC)

Los primeros síntomas suelen aparecer después del trabajo, rondando el final de la tarde y/o noche, los síntomas que aparecen en esos momentos son un sabor dulce o metálico en la boca, alteración del sabor de los alimentos y del tabaco, sequedad e irritación en la garganta que pueden dar lugar a ronquera y tos o cefalea, astenia, artralgias y mialgias. Los siguientes síntomas que aparecen son la fiebre, escalofríos, dificultad respiratoria y opresión torácica, aunque rara vez pero pueden aparecer es la disnea sibilante. No hay que olvidar, que otros síntomas muy comunes son los digestivos, con el dolor abdominal, náuseas y vómitos, que normalmente aparecen en la fase febril. (DDC)

La FHM tiene una duración máxima de 24 a 48 horas, y los síntomas recurren si día tras día se repite la exposición, aunque es muy poco probable que haya complicaciones relacionadas con la FHM. Aunque de forma muy inusual, en algunos casos pueden presentar síntomas respiratorios graves como la hipoxemia e infiltrados pulmonares, pero son a causa de exposiciones muy intensas a los humos metálicos. A largo plazo y una exposición repetida los soldadores pueden encontrarse con asma ocupacional. (DDC)

El principal metal que produce la FHM es el óxido de zinc cuando el/la trabajador/a lo inhala, además tiene mayor eficacia cuando el lugar de trabajo no tiene una ventilación adecuada. Esto se debe a que los vapores de zinc se oxidan en el aire creando partículas demasiado finas, las cuales son inferiores a 0,5 micras de diámetro que permitan alcanzar los alveolos pulmonares. Aparte del zinc, los soldadores también pueden exponerse a humos de cadmio, níquel o mercurio, causando traqueo bronquitis, neumonitis química, insuficiencia respiratoria y edema pulmonar no cardiogénico. (DDC)

<b>Fiebre por humos metálicos</b>	
<b>Síntomas.</b>	De Inicio Precoz. <ul style="list-style-type: none"> <li>Gusto metálico o dulce.</li> <li>Irritación faríngea.</li> <li>Malestar general.</li> <li>Tos seca.</li> <li>Cefalea.</li> <li>Opresión torácica.</li> <li>Disnea.</li> </ul>
	De Inicio Tardío. <ul style="list-style-type: none"> <li>Escalofríos.</li> <li>Mialgias.</li> <li>Artralgias.</li> </ul>
	Resolución. <ul style="list-style-type: none"> <li>Sudoración.</li> <li>Astenia.</li> </ul>
<b>Signos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fiebre.</li> <li>Taquicardia.</li> <li>Crepitantes y Sibilancias.</li> </ul>
<b>Pruebas diagnósticas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leucocitosis Neutrofílica.</li> <li>Aumento de VSG.</li> <li>Descenso de FEV1 y FVC.</li> <li>Alteración de la Radiografía de Tórax.</li> </ul>

Tabla 7

Fuente: (DDC)

## 4. MEDIDAS PREVENTIVAS

### 4.1 METALES PESADOS

En cuanto a las medidas preventivas de los metales pesados se pueden observar en la siguiente tabla.




























		METALES PESADOS								
		ALUMINIO	ARSÉNICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO	TALIO	ZINC
<b>MEDIDAS PREVENTIVAS</b>	EVITAR FUGAS ACCIDENTALES									
	ROPA Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN ADECUADA									
	EQUIPO DE PROTECCIÓN RESPIRATORIA									
	TAQUILLAS CON COMPARTIMENTOS SEPARADOS									
	INSTALACIONES SANIARIAS DE BUENA CALIDAD									

Tabla 8

Fuente: (Nordberg)

		METALES PESADOS								
		ALUMINIO	ARSÉNICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO	TALIO	ZINC
MEDIDAS PREVENTIVAS	PROHIBIDO FUMAR, BEBER Y COMER EN EL LUGAR DE TRABAJO									
	RECONOCIMIENTOS MÉDICOS PREVIOS									
	PERSONAS CON PATOLOGÍAS PREVIAS									
	NIVELES DE SANGRE Y ORINA									

Tabla 9

Fuente: (Nordberg)

		METALES PESADOS								
		ALUMINIO	ARSÉNICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO	TALIO	ZINC
MEDIDAS PREVENTIVAS	NIVELES DE CONCENTRACIÓN AL MÍNIMO									
	SISTEMAS DE EXTRACCIÓN									
	MÉTODOS DE LIMPIEZA EN HÚMEDO									
	TOMA DE MUESTRAS									
	UTILIZACIÓN DE MÁSCARAS									
	FORMACIÓN									

Tabla 10

Fuente: (Nordberg)

		METALES PESADOS								
		ALUMINIO	ARSÉNICO	CADMIO	COBRE	CROMO	MERCURIO	PLOMO	TALIO	ZINC
MEDIDAS PREVENTIVAS	SUSTITUCIÓN DEL METAL PESADO						✓	✓	✓	
	VENTILACIÓN			✓			✓			✓
	SUPERFICIES LISAS Y CON DECLIVE A UN COLECTOR						✓			
	LIMPIEZA DE LAS INSTALACIONES						✓	✓	✓	
	MINIMIZAR EL NÚMERO DE PERSONAS						✓			
	CONSERVAR EN LUGARES FRESCOS									

Tabla 11

Fuente: (Nordberg)

Se pueden extraer algunas conclusiones de la tabla, como por ejemplo que las medidas preventivas más utilizadas son la ropa de trabajo y los equipos de protección adecuada, el equipo de protección respiratoria y los reconocimientos médicos previos. Además, que las medidas de evitar fugas accidentales y mantener los metales en lugares frescos solo se aplican en dos metales, arsénico y zinc, respectivamente. Por último, que los metales pesados más peligrosos son el arsénico y el mercurio, dado que son los dos en los cuales hay que tomar más medidas preventivas.

A continuación, vamos a profundizar un poco más en el tema de estas medidas preventivas:

### **Evitar fugas accidentales:**

Cuando exista el riesgo de exposición a gas arsina, hay que tener realmente cuidado y prestar atención a fugas accidentales, dado que las exposiciones a concentraciones elevadas durante períodos cortos pueden ser realmente graves. (Nordberg)

### **Ropa de trabajo y equipos de protección:**

Se debe evitar el contacto de la piel con el aluminio, hay que usar guantes y ropa de protección, siempre teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, dado que nos van a recomendar la mejor opción para realizar nuestro trabajo. (Departamento de Salud y Servicios de New Jersey)

Hay que dotar a los/las trabajadores/as de protección adecuada, ya sean botas protectoras, protectores para los ojos, la cara, manos y brazos, trajes impermeables o monos de trabajo. La función que realizan estos equipos de protección individual (EPI) es evitar el contacto repetido o prolongado con la piel, además hay que lavarlos diariamente y cambiarlos frecuentemente. La ropa protectora de determinadas fibras sintéticas retiene menos polvo que los monos de algodón y deben evitarse siempre en la ropa con vueltas, pliegues, bolsillos en los que se pueda acumular polvo. (Nordberg)

### **Equipos de protección respiratoria:**

Los equipos de protección respiratoria son fundamentales cuando no hay una ventilación adecuada en el lugar de trabajo, por ejemplo, durante las operaciones de soldadura y corte al plasma. Los equipos de protección respiratoria deben revisarse para garantizar su limpieza y eficacia. (Nordberg)

### **Taquillas con compartimentos separados:**

Las taquillas deberán constar de compartimentos separados para la ropa personal y la del trabajo, es decir, se debe disponer de armarios especiales para el EPI, además, es indispensable que se laven frecuentemente. (Nordberg)



**Instalaciones sanitarias de buena calidad:**

Las empresas deben de disponer de instalaciones sanitarias adyacentes de buena calidad, como duchas con agua caliente. Los/las trabajadores/as deberán lavarse antes de comer, tomándose el tiempo que necesiten para ello y ducharse y cambiarse de ropa al finalizar la jornada laboral. Es necesario que cada trabajador/a sea consciente y se tome muy enserio su higiene personal. (Nordberg)

**Prohibido fumar, beber y comer en el lugar de trabajo:**

Debe estar prohibido fumar, comer y beber en el lugar de trabajo, se deben habilitar zonas adecuadas para la comida. Es recomendable no llevar cigarrillos o tabaco en los bolsillos ya que se puede contaminar en el lugar de trabajo y es una gran fuente de exposición. (Nordberg)

**Reconocimientos médicos previos:**

Normalmente los reconocimientos médicos se realizan una vez has empezado a trabajar en la empresa, pero la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, en su artículo 22, vigilancia de la salud establece que el empresario debe garantizar a los trabajadores un servicio de vigilancia de la salud. En el caso del aluminio, el arsénico o el plomo es recomendable hacer el reconocimiento médico previo al ingreso al trabajo para ver los niveles de estos metales en sangre. (Nordberg) (Ley 31/1995)

**Personas con patologías previas:**

Para los/las empleados/as que van a trabajar con arsénico no es recomendable que tengan patologías previas como enfermedades cardiovasculares, anemia, trastornos alérgicos o cutáneos de otro tipo y lesiones neurológicas hepáticas o renales. Por otra parte, si van a trabajar con cobre, las personas que padecen la enfermedad de Wilson tampoco podrán realizar estas tareas laborales. (Nordberg)

**Niveles en sangre y orina**

La sangre y la orina son unos grandes indicadores para determinar los niveles de arsénico, cadmio y talio.

La determinación del nivel de arsénico inorgánico y sus metabolitos en la orina nos van a permitir calcular la dosis total de arsénico inorgánico captado por las distintas vías de exposición. Pero hay que tener cuidado, dado que este método solo es válido cuando se pueden determinar específicamente arsénico inorgánico y sus metabolitos, ya que esta información nos puede llevar al error si el/la trabajador/a ha hecho una sola comida a base de pescado u otros alimentos marinos, dado que contienen cantidades considerables de arsénico no tóxico y pueden mantenerse en la orina por varios días. (Nordberg)

**Niveles de concentración al mínimo:**

El mejor método de prevención consiste en mantener la exposición en niveles muy inferiores a los límites de exposición aceptable. Los procesos y las prácticas laborales que pueden liberar humo o polvo de estos metales deben diseñarse de forma que se mantengan los niveles de concentración al mínimo y evitar el contacto con la piel. (Nordberg)

**Sistemas de extracción:**

Los sistemas de extracción hacen que el aire contaminado procedente de los extractores se filtre, además los sistemas de extracción hacen que requieran la menor actuación por parte de los/las trabajadores/as o el equipo de mantenimiento. Esta medida es fundamental, por ejemplo, para eliminar los humos de cobre en el lugar que se producen o cuando existe el riesgo de que el mercurio se volatilice. (Nordberg)

.Hay que tener en cuenta que la mejor protección es encerrar las operaciones o proveer ventilación por extracción localizada en el lugar de las emisiones químicas. (Departamento de Salud y Servicios de New Jersey)

**Métodos de limpieza en húmedo:**

La limpieza de las salas y los edificios deben realizarse continuamente por procesos en húmedo, cuando hablamos del plomo, cromo o el mercurio, en este último, sobre todo es utilizado en las minas. (Nordberg)

**Toma de muestras:**

Se realizaran toma de muestras de las diferentes áreas y con controles individuales. Estas muestras se realizan mediante intervalos regulares y se realizan cuando se considera una concentración de polvo y humos en el ambiente. En caso de que se detecten concentraciones inaceptables se debe identificar y controlar de donde procedan las fuentes de polvo y humo. (Nordberg)

**Utilización de máscaras:**

En el caso del cromo es conveniente que los/las trabajadores/as utilicen máscaras de polvo, es recomendable que tengan una eficacia del 99%, así consiguen retener las partículas de 0,5  $\mu\text{m}$ , para todos los casos en los que existan concentraciones que superen los niveles recomendados. Por otra parte, en el caso del zinc se suelen usar máscaras con aire. (Nordberg)

**Formación:**

Los trabajadores deben estar informados sobre los riesgos de la exposición y las enfermedades que pueden contraer, como por ejemplo, el cáncer de pulmón, para esto deben de tener una gran higiene personal. También hay que hacer mención a que una gran manera de garantizar la protección individual, es que los/las trabajadores/as estén informados sobre el riesgo de la fiebre por humos metálicos. (Nordberg)

**Sustitución del metal pesado:**

La medida más eficaz para evitar la contaminación por estos metales es la sustitución por algún material o sustancia menos nociva, en el caso del mercurio, por ejemplo, pueden ser los compuestos no mercuriales que se usan en la industria del fieltro o en el caso del plomo, que podrían ser el uso de polisilicatos de plomo en la alfarería. (Nordberg)

**Ventilación:**

La ventilación es la principal medida de seguridad y hay que mantener una ventilación adecuada en las instalaciones. (Nordberg)

**Superficies lisas y con declive a un colector:**

Las superficies del trabajo deberán ser lisas, de un material absorbente y que tengan un ligero declive hacia un colector, en caso de que no lo haya, es necesario una rejilla metálica encima de un canalón que debe estar lleno de agua para recoger cualquier gota de mercurio, así podrá caer a través de la rejilla. (Nordberg)

**Limpieza de las instalaciones:**

Las superficies del trabajo son esenciales por lo que deben mantenerse muy limpias y limpiarlas con frecuencia. En caso de contaminación accidental habrá que limpiarlo inmediatamente. (Nordberg)

**Minimizar el número de personas:**

Los puestos de trabajo en las que las personas estén expuestas al mercurio, deben enfocarse de manera que se reduzca al mínimo el aforo permitido en cada puesto de trabajo. (Nordberg)

**Conservar en lugares frescos:**

El polvo fino de zinc y de algunos de sus compuestos son muy peligrosos dado que contienen el riesgo de incendio o explosión si se guardan en lugares húmedos, dado que son fuentes de combustión espontánea. Dada esta razón, se deben preservar en lugares frescos, secos y con una buena ventilación, además deben estar alejados de cualquier fuente de calor, llamas o agentes oxidantes fuertes. (Nordberg)

## 4.2 MEDIDAS PREVENTIVAS HUMOS POR SOLDADURA

A continuación vamos a describir las medidas preventivas que hay que adoptar cuando trabajamos con inhalación de humos por soldadura, así podremos conseguir controlar los riesgos.

### 1. Actuación sobre el foco contaminante:

Las medidas preventivas sobre el foco contaminante son la eliminación o sustitución de contaminantes, siempre que sea posible eliminarlos o sustituirlos por contaminantes menos tóxicos o la aplicación de los procesos de soldadura de menor contaminación. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 2. Actuación sobre la propagación de los contaminantes:

Para actuar sobre la propagación de los contaminantes hay una medida muy clara, que es la ventilación, ya sea a través de la ventilación localizada o la ventilación en general. La ventilación localizada tiene como objetivo que los humos que se generan se dirijan a las vías respiratorias del soldador, en cambio, la ventilación en general tiene como objetivo evitar que el lugar de trabajo tenga grandes concentraciones de contaminantes. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

La **ventilación localizada** consiste en crear corrientes de aire que actúen directamente sobre el foco de contaminación, suelen aspirar los humos metálicos, esto es denominado “*extracción localizada*”, aunque también cabe la posibilidad de que los humos metálicos sean expulsados hacia una zona sin exposición, lo que se llama “ventilación por dilución o por soplado” pero este último apenas es utilizado. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

La extracción localizada es la técnica más utilizada en la industria. Dada su facilidad para acoplarla a sistemas o procesos que ya existen, siendo su diseño, utilización y mantenimiento claves para obtener una gran eficiencia y rendimiento. (ISTAS)

La extracción localizada tiene 5 componentes:

- Receptor o campana extractora.
- Conductos.
- Purificador de aire, filtro.
- Un ventilador.
- Un conducto de salida.

Para un adecuado funcionamiento de la extracción localizada hay que tener en cuenta su diseño de la campana de extracción y su posición o localización, en caso de que no esté montada correctamente el sistema puede resultar inequívoco. (ISTAS)

La extracción localizada efectúa la captación de los contaminantes por aspiración lo más próximo que pueda al punto de emisión, así evita su difusión en el ambiente y elimina la posibilidad de inhalar los contaminantes. Este sistema hace que en la proximidad del foco de

emisión una corriente de aire arrastre los humos generados, de esta forma elimina la contaminación en el lugar de trabajo del soldador. (NTP7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos)

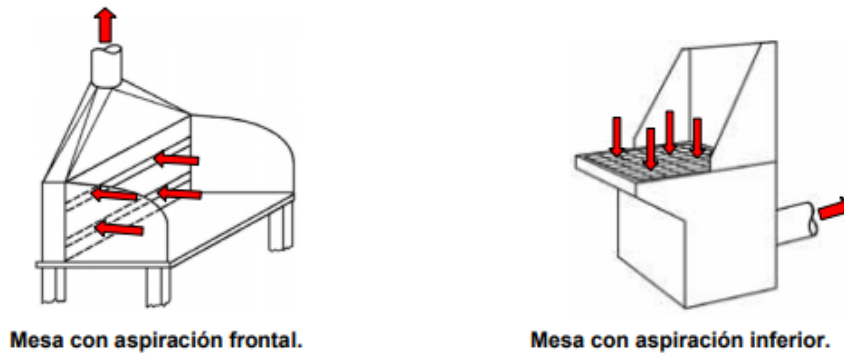


Ilustración 3

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

La **ventilación general** no es una solución para evitar el riesgo de la contaminación por los humos metálicos, es una ayuda para la extracción localizada cuando ésta no tiene filtro depurador y descarga en el interior del local o se utilice un sistema de impulsión localizada. (NTP7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos)

Hay que mantener los niveles aceptables dentro del lugar de trabajo, para ello se recurre a la ventilación general para renovar el ambiente, dado que no se pueden controlar las situaciones meteorológicas, se suele disponer de una ventilación mecánica. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

La ventilación mecánica consiste en renovar el ambiente de toda la fábrica con corrientes de aire estratégicas que se crean a través de ventiladores que extraen el aire interior e introducen el exterior o una combinación de ambos. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)



Sistema de ventilación mecánica en una nave de soldadura.

#### Ilustración 4

Fuente: (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 3. Actuación sobre el propio soldador.

En caso de que todo lo anterior no evite el riesgo de inhalación de humos por soldadura, el soldador deberá utilizar equipos de protección individual (EPI) para la protección de las vías respiratorias. Para su utilización se debe tener en cuenta que son el último recurso, son de carácter complementario y no sustitutivo, el tiempo de trabajo será el mínimo posible y que los/las trabajadores/as deben leerse las normas de uso antes de utilizarlos. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales)

### 4. Buenas prácticas del soldador.

A los soldadores hay que darle una buena formación e información en su puesto de trabajo, como así establece en los artículos 18 y 19 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. Esto ayudara al soldador por ejemplo a situar su cara paralela al punto de soldadura en lugar de sobre él, con lo cual se puede reducir la inhalación de contaminantes hasta un 90%, ajustar la pantalla de soldadura al pecho de forma que impida al máximo el paso de los humos y gases generados o cuando se utilicen extractores o soplantes móviles, mantenerlos siempre en la posición y orientación de máxima eficacia. (Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales) (Ley 31/1995)

## 5. CÁNCER OCUPACIONAL

El “cáncer ocupacional o cáncer laboral” se define como “un concepto amplio de carácter médico, de relación científica causal epidemiológica y fisiopatológica, con aplicación universal, con carácter amplio y modificable según evidencias, y abierto, es un término prevencionista fundamentado en la causalidad.” (López-Guillén García)

La consideración de “cáncer profesional o cáncer como enfermedad profesional”, es un concepto restringido al ámbito legal, con una regulación reglamentaria, que conlleva un carácter concreto y estático, que solo se centra en una lista de cánceres y su vinculación a unos agentes contaminantes concretos que se presenta en el trabajo. (López-Guillén García)

En España, hay que remitirse al Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro para conocer que enfermedades profesionales son reconocidas por agentes carcinogénicos, esto lo podemos ver en la tabla del Anexo I en el grupo 6. (Real Decreto 1299/2006)

En el Anexo I del Real Decreto 1299/2006, se recogen 17 agentes causales como enfermedad profesional, estos son: amianto, aminas aromáticas, arsénico y sus compuestos, benceno, berilio, cadmio, bis-(cloro-metil) Éter, cloruro de vinilo monómero, cromo VI y compuestos de cromo VI, hidrocarburos, níquel, polvo de madera dura, radón, radiación ionizante, aminas, nitrobenzeno, ácido cianhídrico y cianuros. (ORP)

Se estima que el 8% de las enfermedades oncológicas tiene su origen por una exposición laboral, teniendo en cuenta que en el cáncer de pulmón puede llegar al 36,8% en varones y al 9,8% en el cáncer de mama. Además, si nos fijamos en las estadísticas, en el año 2016 se notificaron solo 37 casos en España por los más de 6000 en Alemania. (Larrosa Moles M, 2019)

El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) determino en 2019 que el número de sustancias que pueden causar enfermedades oncológicas es de 120, mientras que España solo reconoce 17 en el Real Decreto 1299/2006, del 10 de noviembre. Es curioso porque de las 120 sustancias, 70 se encuentran en el lugar de trabajo y 47 se encuentran en la categoría de carcinógenos laborales. (Larrosa Moles M, 2019)

Es verdad que existe tanto legislación como iniciativas al respecto para mejorar este escenario pero hoy en día es escasa. Las legislaciones e iniciativas más importantes que hay que tener en cuenta tanto en Europa como en España son: (Larrosa Moles M, 2019)

Legislación	
Europa	España
La Directiva 2004/37 /CE (Directiva sobre agentes carcinógenos y mutágenos), de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.	El Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo (y sus documentos conexos).
La Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo publicada el 12 de diciembre de 2017 que modificaba la 2004 /37 /CE y obligaba a los estados miembros a incorporar a su ordenamiento jurídico las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en ella teniendo como fecha límite para ellos el 17 de enero de 2020.	El Real Decreto 1299 /2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.
El RD 665 /1997 de 12 de mayo sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo según el Reglamento (CE) 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetaje y envasado de sustancias y mezclas (CLP).	

Tabla 12

Fuente: (Larrosa Moles M, 2019)

INICIATIVAS	
Europa	España
“Roadmap on Carcinogens” (2016)	El Programa de Programa de Vigilancia de la Salud de los Trabajadores que han estado Expuestos al Amianto (PIVISTEA) (2004)
En Reino Unido “No Time to Lose” (2012)	En Asturias el Registro de Trabajadores Expuestos a Agentes Carcinógenos (2016)
	El Sistema de notificación de Cáncer Laboral (EVASCAP) (2011)

Tabla 13

Fuente: (Larrosa Moles M, 2019)



## 5.1 VALORES LÍMITE EN EL CÁNCER OCUPACIONAL

El cáncer y el trabajo van unidos de la mano, por eso la Unión Europea quiere mejorar la protección de los/las trabajadores/as contra los carcinógenos químicos, dada su preocupación, para ello se quiere limitar la exposición a trece carcinógenos en el lugar de trabajo, rectificando la Directiva 2004/37/CE, que se enfoca en la protección a la exposición a sustancias cancerígenas o mutágenas. Hay que tener en cuenta que según refiere la Comisión, las repercusiones en las familias, la industria y la sociedad son devastadoras. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST))

La medida que pretende adoptar la Comisión es crear o regular nuevos valores límite a la exposición de estos trece carcinógenos que ya existen en la Directiva antes mencionada. Además, se quiere añadir una sustancia nueva, en este caso la sílice cristalina respirable, dado el polvo que se genera en la minería, en la explotación de canteras o en la perforación de túneles entre otros. Hay que añadir que la sílice cristalina es una de las principales causas que produce la silicosis y el cáncer de pulmón profesional. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST))

Se espera que con esta medida de restablecer los valores límite se produzcan menos casos de cáncer profesional, además se creara un sistema más eficiente de protección de la salud de los trabajadores mejorando la equidad de un mercado único. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST))

Una buena medida de prevención es reducir o eliminar las exposiciones que producen los cánceres laborales, para ello en la Directiva 2004/37/CE se adoptaron valores límite para diversos carcinógenos. Aunque, actualmente se pretende añadir nuevas sustancias como la sílice cristalina respirable, los compuestos de cromo VI o los serrines de madera duras, dada su alta correlación entre los trabajadores expuestos y los casos de cáncer. (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST))

Agente químico	CAS	Sectores relevantes	Tipos de cáncer / otras enfermedades
<b>Aluminio</b>	7429-90-5	Minería, fabricación de Sílice cristalina respirable (RCS) n/a 1 vidrio, construcción y electricidad, gas, industrias de suministro.	Cáncer de pulmón y silicosis.
<b>Arsénico</b>	7440-38-2	Fabricación de municiones y de baterías de polarización. También en la fabricación de vidrio y en productos de germanio y silicio en estado sólido.	Cáncer de pulmón y silicosis.
<b>Cadmio</b>	7440-43-9	Sector industrial en la fabricación de tornillos, tuercas de seguridad, pestillos y partes de los aviones. También puede ser utilizado en plásticos como pigmentación y estabilizador.	Cáncer de pulmón y cáncer de próstata.
<b>Cobre</b>	7440-50-8	Industria eléctrica (fabricación de cañerías, baterías de cocina, equipos químicos y farmacéuticos).	Enfermedad de Wilson.
<b>Cromo</b>	7440-47-3	Producción y uso de pigmentos que contienen cromo, pinturas y recubrimientos de metal (conversión). En términos de uso bajo el agua, los compuestos de cromato, incluyendo cromato de bario, cromato de zinc y calcio, se pueden utilizar como cebadores de base y para capas de acabado en el sector aeroespacial.	Cáncer de pulmón y de senos paranasales.
<b>Mercurio</b>	7439-97-6	Tratamiento de los minerales de plata y oro, fabricación de amalgamas, aparatos de medición o laboratorio, bombillas eléctricas incandescentes.	Parkinsonismo, gingivitis, lesiones pulmonares y renales.
<b>Plomo</b>	7439-92-1	Industria química y construcción.	Anemia, hipertensión.
<b>Talio</b>	7440-28-0	Fabricación de sales de talio, aleaciones de mercurio, cristales resistentes a la fusión, células fotoeléctricas, lámparas y componentes electrónicos.	Polineuritis
<b>Zinc</b>	7440-66-6	Protección del acero mediante galvanización. Fabricación de pinturas, lacas y barnices.	Fiebre de los humos metálicos, Cáncer sinonasales y nasofaríngeos

Tabla 14

Fuente: (Nordberg) (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST))

## 5.2 REDUCIR LA EXPOSICIÓN DEL CÁNCER LABORAL

Se puede reducir la exposición a los humos de soldadura en el lugar de trabajo, si realizamos estas medidas de control, como son equipar a los trabajadores con los equipos de protección individual (EPI), cambiar la manera de trabajar, aislar a la gente del riesgo de contaminación, sustituir el contaminante químico y eliminar el contaminante químico. Se puede observar que la medida más efectiva para reducir la exposición es la de eliminar el contaminante químico y la menos efectiva la de proveer al trabajador de los EPI adecuados. Hay que tener en cuenta que si estas medidas no son posibles, se pueden considerar otras medidas para intentar minimizar la exposición. ((OCRC), 2017)

La eliminación del contaminante químico hace que el peligro desaparezca, es decir, eliminamos físicamente el peligro del espacio del lugar de trabajo y la sustitución del elemento hace apostar por una alternativa más segura, podemos determinar que estas medidas son las más eficaces para los/las trabajadores/as. ((OCRC), 2017)

En tercer lugar, tenemos los controles de ingeniería, en el cual aíslan a los trabajadores del daño. Económicamente pueden ser más baratos que la eliminación y sustitución del agente químico, pero estos deben diseñarse de forma que encajen en el puesto de trabajo para que no perjudiquen a los trabajadores y funcionen de una manera eficaz. ((OCRC), 2017)

Por último hablamos de los controles administrativos y los equipos de protección individual (EPI). El primero porque reducen el potencial de exposición mediante el cambio de comportamiento y, el segundo para prevenir la exposición laboral a la contaminación ambiental, aunque es muy importante que los/las trabajadores/as siempre hagan uso de ellos para protegerse. Estas medidas se utilizan con frecuencia cuando los peligros no están bien especificados y requiere una gran implicación por los/las trabajadores/as. Algunos controles administrativos que podemos considerar son las prohibiciones de comer, fumar o beber en los puestos de trabajo e instalaciones adecuadas como son duchas o vestuarios en el lugar de trabajo para los/las empleados/as. Por otra parte, los EPI más conocidos son guantes, máscaras, respiradores o ropa de trabajo. Por último, cabe destacar que estas dos medidas son variables, porque tiene que ver con la implicación de los/las trabajadores/as a la hora de atacar las normas o de utilizar las instalaciones facilitadas por la empresa, también la calidad tanto de las instalaciones como de los equipos de protección individual. ((OCRC), 2017)

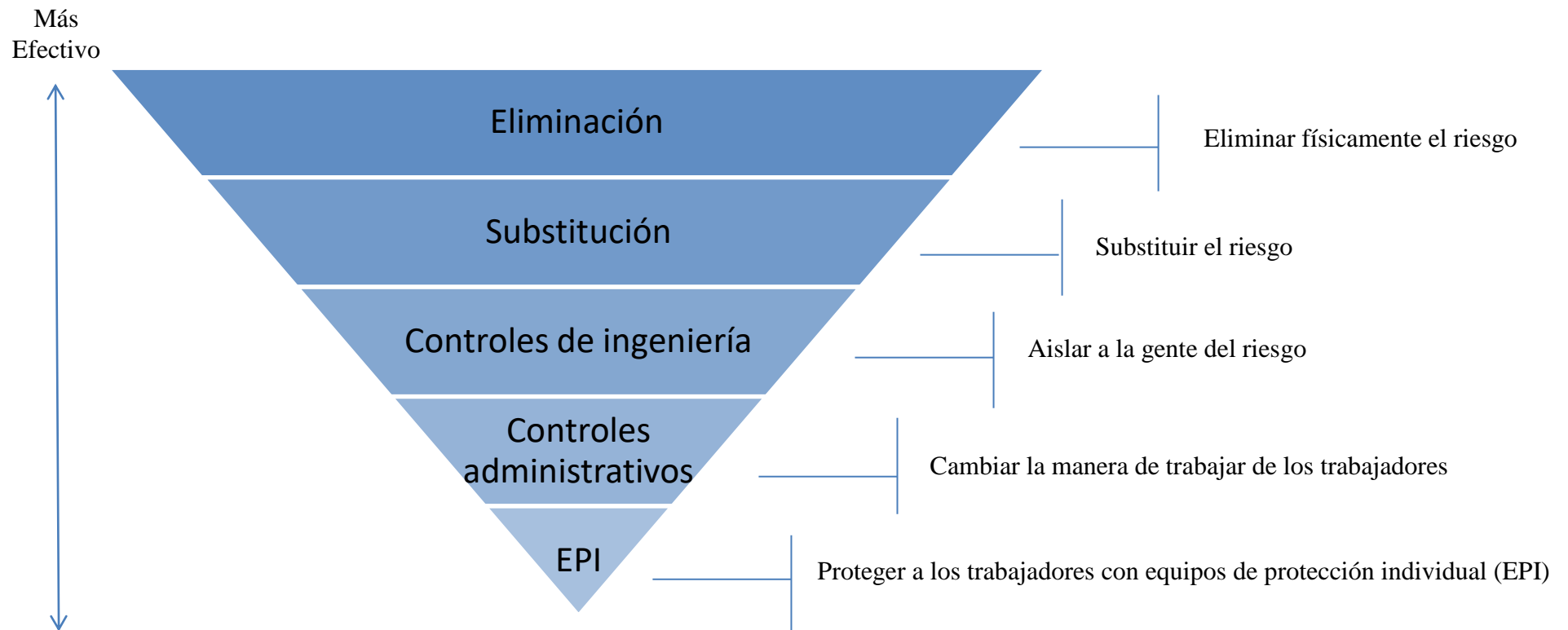


Tabla 15

Fuente: ((OCRC), 2017)

## 6. CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo, se han podido sacar varias conclusiones y que en un futuro quizás puedan ser implementadas por empresas, técnicos de prevención o cualquier persona que crea conveniente aplicar estas medidas para evitar la exposición a los humos de soldadura.

1. Implementar en los reconocimientos médicos periódicos pruebas de despistaje para los tumores descritos en la literatura científica producida por estos metales.

2. Hacer un seguimiento activo por parte de los técnicos de Prevención de la actualización de los valores límite ambientales y biológicos, y de las recomendaciones de la Unión Europea acerca de los mismos.

3. Realizar analíticas de sangre y/u orina y pruebas complementarias como por ejemplo radiografías o ecografías según los protocolos específicos de vigilancia de la salud, y los conocimientos científicos específicos al respecto involucrando a todas las partes implicadas, formando e informando adecuadamente a todos/as los/las trabajadores/as. (Un trabajador bien informado va a ser un trabajador más consciente del uso de los equipos de protección y de su higiene personal).

4. Favorecer jornadas laborales de trabajo continuadas, de este modo los/las trabajadores/as evitaran comer en el trabajo y el riesgo de contaminación será menor.

5. Plantilla de trabajadores fija, evitando trabajadores eventuales hasta que no estén bien formados e integrados en la empresa para obtener una mayor experiencia que les permitirá que tengan menor riesgo de inhalación a los humos metálicos.

6. Tener unas adecuadas instalaciones de aspiración de humos y vapores revisadas y controladas periódicamente, a través de hojas de registro para evitar los valores límite ambiental superen el valor límite admisible según la legislación.

7. Invertir en ropa de trabajo que impida que las partículas de polvo de estos metales se acumule en la misma, como por ejemplo el pantalón ignífugo y antiestático inherente Vesin PIAES-27 y que sean ajustables a las piernas como el pantalón bizflame pro.

8. Desarrollar por parte de ingeniería de procesos plataformas para las máquinas con flujo de agua laminar por debajo de ellas, para eliminar el polvo que se deposita y se acumula en el suelo, haciendo que siga el flujo hasta la depuradora industrial.

## Bibliografía

(OCRC), C. (2017). *Carga del cáncer ocupacional en Ontario*. Ontario.

AEPSAL. (s.f.). *Asociación de especialistas en prevención y salud laboral*. Obtenido de <https://www.aepsal.com/soldadura-y-humos-metalicos/>

Cabrales Covarrubias, S., & Peña, J. (s.f.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>

Castilla La Mancha, G. d. (s.f.). *Gobierno de Castilla La Mancha*. Obtenido de <https://www.castillalamancha.es/gobierno/desarrollosostenible/estructura/vicmedamb/actuaciones/convenio-de-aarhus-informaci%C3%B3n-participaci%C3%B3n-y-acceso-la-justicia-en-temas-ambientales>

DDC. (s.f.). *Directrices para la decisión clínica en enfermedades profesionales*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/361694/DDC-RES-03.+Fiebre+de+los+metales+y+de+otras+sustancias+de+bajo+peso+molecular+A%C3%B1o+2015+.pdf/db2447dd-ba9d-4645-a7e6-a1e5112e1724>

Departamento de Salud y Servicios de New Jersey. (s.f.). *Departamento de Salud y Servicios de New Jersey*. Obtenido de <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0054sp.pdf>

INSSBT. (s.f.). *Límites de exposición profesional 2019*. Obtenido de <http://bdlep.inssbt.es/LEP/index.jsp?nav=LEP>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O. M. (s.f.). *Enciclopedia práctica de Medicina del Trabajo*. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/599872/Enciclopedia\\_practica\\_de\\_Medicina\\_del\\_Trabajo.pdf/0f326557-3547-44a4-995d-92a8f9c90aae](https://www.insst.es/documents/94886/599872/Enciclopedia_practica_de_Medicina_del_Trabajo.pdf/0f326557-3547-44a4-995d-92a8f9c90aae)

Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, O. (s.f.). *OSALAN*. Obtenido de [https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene\\_200920/es\\_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf](https://www.osalan.euskadi.eus/s94-contpub/es/contenidos/libro/higiene_200920/es_200920/adjuntos/EI%20%20Soldador.pdf)

ISTAS. (s.f.). *Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud*. Obtenido de <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/intervencion-sindical-frente-al-riesgo-quimico/reduccion-o-control-de-los-2>

Larrosa Moles M, M.-J. B. (2019). *El cáncer ocupacional: una realidad oculta y un desafío pendiente*. *Med*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2019.08.005>

Ley 31/1995, d. 8. (s.f.). *BOE*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>

- Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P., & Muñoz-García, F. (s.f.). *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612016000200017&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200017&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- López-Guillén García, A. (s.f.). *Prevencionar*. Obtenido de <https://prevencionar.com/2018/03/20/cancer-ocupacional-y-ocupaciones-con-cancer/>
- Mengíbar Fernández, L. (s.f.). *Ferreteria San Diego*. Obtenido de <https://ferreteriasandiego.es/blog/tipos-de-soldadura-y-para-que-sirve-cada-una/>
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, G. d. (s.f.). *Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales\\_pesados.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx)
- Nordberg, G. (s.f.). *Metales: propiedades químicas y toxicidad*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
- NTP 184, M. (s.f.). *insst*. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp\\_184.pdf/36262427-2de4-44c8-9298-1ed2c30a201a](https://www.insst.es/documents/94886/326801/ntp_184.pdf/36262427-2de4-44c8-9298-1ed2c30a201a)
- NTP7: Soldadura. Prevención de Riesgos Higiénicos. (s.f.). *INSST*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/195574/NTP+7+Soldadura.+Prevenci%C3%B3n+de+Riesgos+Higi%C3%A9nicos.pdf/80b4a6de-b255-4526-9424-cafcc8b9bf88>
- ORP. (s.f.). *ORP Fundación Internacional*. Obtenido de <https://fiorp.org/cancer-laboral-o-cancer-profesional/>
- Real Decreto 1299/2006, d. 1. (s.f.). *BOE*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-22169>
- RISCTOX. (s.f.). *Base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas*. Obtenido de <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=616>