GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL
insst
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

Cromo (VI)

AGENTES CANCERÍGENOS EN EL TRABAJO: Conocer para prevenir

Qué es y dónde se puede encontrar

El cromo elemental (Cr) es un elemento metálico que se encuentra de forma natural en la corteza terrestre, como parte de compuestos, como el mineral cromita, el más importante.

Además, el cromo se presenta formando diversos compuestos en distintos estados de oxidación. Los más importantes son los estados de valencia II (cromosos), III (crómicos) y VI (cromatos). El cromo hexavalente es el segundo estado de oxidación más estable. Por ello, los compuestos de Cr (VI) incluyen un extenso grupo de elementos químicos con propiedades diferentes, por ejemplo, propiedades ácidas y oxidantes, y con capacidad para formar sales muy coloreadas e insolubles, lo que hace que sean los de mayor aplicación industrial (*Enciclopedia OIT*, capítulo 63).

Los compuestos de cromo hexavalente, como los cromatos y dicromatos, existen en una gran variedad de compuestos, muchos de los cuales son de gran importancia para la industria. Entre ellos se encuentran el cromato de amonio, el cromato de bario, el cromato de calcio y el dihidrato, el cromato crómico, cloruro de cromo (VI), trióxido de cromo (ácido crómico), cromatos de plomo, naranja de molibdeno, cromato y dicromato de potasio, cromato y dicromato de sodio y cromatos de zinc.

Los compuestos hexavalentes, con la excepción de algunas pequeñas cantidades en los minerales, no se encuentran de forma natural en el medio ambiente, sino que se forman a partir del cromo trivalente durante los procesos de producción de cromo. El punto de partida de todos los compuestos hexavalentes es el mineral de cromita, que contiene óxido de cromo trivalente.

Los compuestos de Cr (VI) son en su mayoría de color amarillo limón, naranja y rojo oscuro. Habitualmente se encuentran en estado sólido (cristalino, granular o en polvo), y pueden ser solubles o insolubles en agua (*IARC*, 2012. Volumen 100 C).

Algunos ejemplos de compuestos de Cr (VI) solubles en agua son el cromato de sodio y el cromato de potasio, mientras que los compuestos insolubles incluyen el cromato de bario y el cromato de plomo.

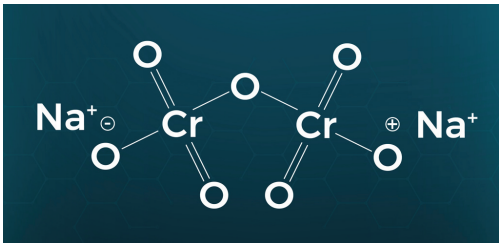
ÍNDICE

Qué es y dónde se puede encontrar
Efectos para la salud
Dónde se puede dar la exposición
Evaluación de la exposición
Control de la exposición
Medidas higiénicas
Vigilancia de la salud
Otras medidas preventivas
Referencias

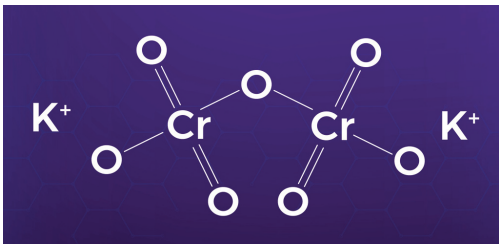
Además de en la industria productora de cromatos, los compuestos que contienen Cr (VI) se utilizan en muchos procesos industriales, entre los que podemos destacar la producción de aleaciones de ferrocromo y cromo metálico, la producción y soldadura de aceros inoxidables, los procesos de acabado de metales (cromado) con ácido crómico, no sólo para el cromado decorativo, sino también para el cromado duro, con capas mucho más gruesas para obtener una superficie sumamente resistente con un bajo coeficiente de fricción, así como en la fabricación y uso de productos químicos con cromo.

Entre estos últimos se encuentran la fabricación de pigmentos inorgánicos de pinturas y las imprimaciones metálicas, tales como los cromatos de plomo, los naranjas de molibdato, el cromato de zinc y el verde de óxido crómico. Asimismo, se pueden encontrar en los productos de conservación de la madera (cromatos de sodio y potasio y trióxido de cromo), la fabricación de anticorrosivos (cromatos de estroncio, calcio, zinc y bario) y la fabricación de vidrios y esmaltes de color. También se emplean en mordientes para tintes, catalizadores y curtidos de cuero (cromato de amonio, sodio y potasio). Otros usos conocidos de los compuestos químicos de cromo son la estampación de telas, industria textil, tintas de impresión, fuegos artificiales, la preparación de numerosos catalizadores que contienen óxido crómico y la producción de coloides dicromados sensibles a la luz para litografías (*Enciclopedia OIT*, capítulo 63).

Por otro lado, de la potente acción oxidante de los cromatos en solución acidulada se derivan muchas aplicaciones industriales, especialmente con materiales orgánicos, como por ejemplo la oxidación del trinitrotolueno (TNT) para producir fluoroglucinol (*Enciclopedia OIT*, capítulo 63).



Algo de cromo hexavalente está presente en el cemento como contaminante derivado de su fabricación y posiblemente de los componentes del clinker o del yeso, o del polvo del horno durante la cocción que proviene de los refractarios que contienen cromo. La forma hexavalente, sin embargo, se reduce a la forma trivalente mediante la adición de sulfato ferroso al cemento.



Los compuestos de cromo hexavalente incluyen un extenso grupo de elementos químicos con propiedades diferentes, tales como propiedades ácidas y oxidantes, y con capacidad para formar sales muy coloreadas e insolubles, lo que hace que sean de gran aplicación industrial.

Tabla 1. Nombre químico, N° CAS y fórmula de algunos compuestos de Cr (VI)		
Fuente: IARC (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens		
NOMBRE QUÍMICO	N° CAS[1]	FÓRMULA
Cromato amónico	7788-98-9	$(NH4)_2CrO_4$
Dicromato amónico	7789-09-5	$(NH_4)_2Cr_2O_7$
Cromático básico de Plomo	1344-38-3 (54692-53-4)	$PbO.PbCrO_4$
Cromato cálcico	13765-19-0	$CaCrO_4$
Cloruro de cromo VI	14986-48-2	$CrCl_6$
Trióxido de cromo	1333-82-0 (12324-05-9; 12324-08-2)	CrO_3
Cloruro de cromilo	14977-61-8	CrO_2Cl_2
Cromato de plomo	7758-97-6 (8049-64-7); 1344-37-2	$PbCrO_4$
Cromato potásico	7789-00-6	K_2CrO_7
Dicromato potásico	7778-50-9	$K_2Cr_2O_7$
Cromato sódico	7775-11-3	Na_2CrO_4
Dicromato Sódico	10588-01-9 (12018-32-5)	$Na_2Cr_2O_7$
Cromato de estroncio	7789-06-2 (54322-60-0)	$SrCrO_4$
Cromato de zinc	13530-65-9 (1308-13-0;1328-67-2; 14675-41-3)	$ZnCrO_4$
Hidróxidos de cromato de zinc	15930-94-6 (12206-12-1; 66516-58-3)	Zn_2CrO_4 $(OH)_2$ y otros
Hidróxidos de cromato de zinc y potasio	11103-86-9 (12527-08-1; 37809-34-0)	KZn_2 $(CrO_4)_2$ (OH) y otros

Efectos para la salud

Todos los compuestos de Cr (VI) están clasificados como carcinógenos del Grupo 1 por la IARC, lo que significa que son cancerígenos para el ser humano. Además, la mayoría de los compuestos de cromo hexavalente están clasificados según el Reglamento CLP como cancerígenos de categoría 1B. Las excepciones son el trióxido de cromo y los cromatos de zinc, incluido el cromato de zinc y potasio, clasificados como cancerígenos de categoría 1A.

La principal vía de entrada del Cr (VI) es la inhalatoria, aunque la exposición también puede producirse por vía dérmica, a través del contacto con la piel, y por vía digestiva, en alimentos o agua, siendo esta la menos frecuente.

[1] N° CAS: Número de registro del Chemical Abstracts Service (servicio de resúmenes de productos químicos).

La IARC (iarc.who.int) es una agencia autónoma de la Organización Mundial de la Salud de las Naciones Unidas. Su objetivo es promover la colaboración internacional en la investigación del cáncer. Dirige estudios ampliamente reconocidos por su calidad y su independencia.

Los efectos sobre la salud derivados de la exposición a los compuestos de Cr (VI) han sido ampliamente estudiados, existiendo diferentes organismos y agencias especializadas que han descrito su perfil toxicológico, de tal modo que se sabe que la exposición a compuestos de cromo hexavalentes puede provocar cáncer de pulmón, cáncer del seno nasal, nefrotoxicidad, hipersensibilidad, corrosión de la piel e irritación de las vías respiratorias y gastrointestinales.

Los estudios más recientes, como los publicados en 2021 por el *Dutch National Institute for Public Health and the Environment (RIVM)*, en relación con los efectos no cancerígenos y cancerígenos sobre la salud de la exposición a los compuestos de Cr (VI) han llegado a las siguientes conclusiones:

- Efectos no cancerígenos: el Cr (VI) puede causar perforación del tabique nasal por úlceras de cromo, enfermedades pulmonares crónicas, incluyendo asma, rinitis, fibrosis pulmonar y EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica), úlceras cutáneas y dermatitis alérgica de contacto en humanos.
- Efectos cancerígenos: el Cr (VI) puede causar cáncer de pulmón, cáncer de senos nasales y paranasales en humanos.

Además, los mencionados estudios exponen que actualmente no está suficientemente claro si el Cr (VI) puede dar lugar a otros efectos para la salud tales como:

- Efectos no cancerígenos: daños irreversibles o enfermedades debidas a alteraciones del sistema inmunitario (que no sean eczema de contacto alérgico, asma y rinitis alérgica y crónica y enfermedades pulmonares) o efectos adversos sobre la fertilidad o el desarrollo prenatal en humanos.
- Efectos cancerígenos: cáncer de estómago o cáncer de laringe en humanos.

Actualmente, no existen evidencias en los estudios científicos en humanos o en animales de que la exposición laboral al Cr (VI) pueda causar otros tipos de cáncer en humanos distintos a los mencionados.

Tampoco existen evidencias suficientes en los estudios científicos actuales en humanos ni en animales que indiquen que la exposición ocupacional al Cr (VI) pueda causar efectos irreversibles a nivel gastrointestinal, hema-

Tabla 2.
Clasificación de peligrosidad armonizada de los compuestos de Cr (VI), con la excepción del cromato de bario y de los compuestos especificados en otras partes del anexo, según el Reglamento (CE) nº 1272/2008, sobre Clasificación, Etiquetado y Envasado de sustancias y mezclas (CLP)

Compuestos de Cr (VI)	
Clasificación	
Códigos de clase y categoría de peligro	**Códigos de indicaciones de peligro**
Carcinógeno 1B	H350i: Puede provocar cáncer por inhalación.
Sensibilizante cutáneo cat.1.	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
Toxicidad acuática aguda cat.1.	H400: Muy tóxico para los organismos acuáticos
Toxicidad acuática crónica cat.1.	H410: Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
Etiquetado. Pictogramas y palabras de advertencia	
Peligro	

tológico, hepático, renal, neurológico o efectos cardiovasculares ni efectos dentales adversos.

A conclusiones similares apuntan los estudios de la IARC, donde en su monografía *"Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens"*, se pone de manifiesto la existencia de un mayor riesgo de cáncer de pulmón entre los trabajadores expuestos al Cr (VI), particularmente de la producción de cromatos, pigmentos de cromatos y galvanoplastia. Asimismo, los estudios sugieren una posible mayor incidencia de senos nasales y paranasales entre los trabajadores expuestos al Cr (VI), y poca evidencia de que la exposición al Cr (VI) pueda causar cáncer de estómago u otros cánceres.

Dónde se puede dar la exposición

Se estima que alrededor de 900.000 trabajadores en la UE se encuentran potencialmente expuestos al Cr (VI). Los estudios sobre trabajadores de las industrias de producción de cromato, pigmentos de cromato y galvanoplastia de cromo empleados con anterioridad a la década de 1980 muestran tasas más altas de mortalidad por cáncer de pulmón (*The facts Chromium VI*. Roadmap on carcinogens).

La exposición al Cr (VI) se produce a través de la inhalación de polvo, niebla o humos, así como por contacto dérmico con productos que contienen Cr (VI). Dependiendo de la industria, puede producirse exposición profesional simultánea a diferentes compuestos hexavalentes y, en algunas industrias, incluso puede complicarse aún más por la exposición a compuestos trivalentes y hexavalentes. Las más importantes se deben a los cromatos y dicromatos de sodio, potasio, calcio y amonio durante la producción de cromato, al trióxido de cromo en operaciones de cromado, a cromatos de zinc y plomo insolubles en la producción de pigmentos y en la pintura rociada con pistola, a cromatos alcalinos solubles en agua en la fundición y soldadura de acero, y a otros cromatos en la producción y uso del cemento (*IARC*, 2012. Volumen 100 C).

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, recoge en su Anexo I. Cuadro de enfermedades profesionales (codificación)*, las siguientes actividades donde pueden exponerse los trabajadores al Cr (VI) y sus compuestos, dando lugar a las enfermedades contempladas en el mismo:

Referencias normativas

El *Real Decreto 1154/2020, por el que se modifica el Real Decreto 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*, que traspone la Directiva 2017/2398 al ordenamiento jurídico español, incluyó en su **Anexo III**, sobre valores límite de exposición profesional, a los compuestos de cromo (VI) como agentes cancerígenos, entendiéndose como aquellas sustancias o mezclas que cumplan los criterios para su clasificación como cancerígeno o mutágeno en células germinales de categoría 1A o 1B establecidos en el anexo I del *Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.*

neoplasia maligna de cavidad nasal, de bronquio y pulmón debido a la preparación, empleo y manipulación de los compuestos de cromo hexavalente, especialmente los cromatos, dicromatos alcalinos y el ácido crómico, y especialmente en las siguientes actividades:

- Fabricación de catalizadores, productos químicos para la curtición, y productos de tratamiento de la madera que contengan compuestos de cromo.
- Fabricación y empleo de pigmentos, colorantes y pinturas a base de compuestos de cromo.
- Aserrado y mecanizado de madera tratada con compuestos de cromo.
- Aplicación por proyección de pinturas y barnices que contengan cromo.
- Curtido de pieles.
- Preparación de clichés de fotograbados por coloides bicromados.
- Fabricación de cerillas o fósforos.
- Galvanoplastia y tratamiento de superficies de metales con cromo.
- Decapado y limpieza de metales y vidrios (ácido sulfocrómico o ácido crómico).
- Fabricación de cromatos alcalinos.
- Litograbados.
- Fabricación de aceros inoxidables.
- Trabajos que implican soldadura y oxicorte de aceros inoxidables.
- Fabricación de cemento y sus derivados.
- Procesado de residuos que contengan cromo.

Evaluación de la exposición

El Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo incorporó, mediante el Real Decreto 1154/2020 que lo modifica, los valores límite de exposición profesional vinculantes

Tabla 3. Número estimado de trabajadores expuestos a Cr (VI) según sector de actividad en EEUU. Fuente: NIOSH 2013. Occupational Exposure to Hexavalent Chromium. Criteria for a Recommended Standar

Sector de actividad	Número de trabajadores expuestos
Soldadura (acero inoxidable y acero de carbono)	269.379
Pintura	82.253
Galvanoplastia	66.859
Acerías	39.720
Fundiciones de hierro y acero	30.222
Teñido de textiles	25.341
Carpintería	14.780
Impresión	6.600
Producción de vídrio	5.384
Construcción, otros[2]	4.069
Distribuidores de productos químicos	3.572
Productores de pinturas y revestimientos	2.569
Incineración de residuos sólidos	2.391
Usos metalúrgicos no ferrosos	2.164
Usuarios de catalizadores de cromo	949
Productores de colorantes plásticos y usuarios	492
Productores de catalizadores de cromo	313
Producción de cromatos	150
Productores de mezclas de revestimiento	118
Productores de tinta de impresión	112
Productores de tintes de cromo	104
Productores de ladrillos refractarios	90
Productores de ferrocromo	63
Productores de pigmentos cromados	52
Productores de arseniato de cobre cromado	27
Productores de sulfato de cromo	11
TOTAL	558.431

[2] No incluye soldadura, pintura ni trabajo con madera; Incluye construcciones gubernamentales.

Tabla 4. Valores límite de exposición profesional. RD 665/1997				
Nombre del agente	N° CE[3]	N° CAS[4]	Valores límite de exposición diaria[5]	Medidas transitorias
Compuestos de cromo VI que son cancerígenos en el sentido del artículo 2.1 del presente real decreto (expresados en cromo)	-	-	0,005 mg/m^3 [6]	Valor límite: 0,010 mg/m^3 hasta el 17 de enero de 2025. Valor límite: 0,025 mg/m^3 para procesos de soldadura o de corte por chorro de plasma u otros similares que generen humo, hasta el 17 de enero de 2025.

para los compuestos de Cr (VI), expresados en cromo, que se recogen en la tabla 4. Este Real Decreto supone la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo, la cual establece que algunos compuestos de cromo hexavalente cumplen los criterios para ser clasificados como agentes carcinógenos (de categoría 1A o 1B) de conformidad con el Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, por lo que son carcinógenos en el sentido de la Directiva 2004/37/CE. Así, esta Directiva estableció que, a partir de la información disponible, incluidos datos científicos y técnicos, es posible determinar un valor límite para los compuestos de cromo hexavalente que son carcinógenos y que procede, por tanto, establecer un valor límite para dichos compuestos de Cr (VI).

En consecuencia, el Real Decreto 665/1997 establece un valor límite de 0,005 mg/m^3 para el Cr (VI). Este valor límite puede no resultar adecuado y, en algunos sectores, puede resultar difícil de alcanzar a corto plazo. Por lo tanto, se establece un período transitorio durante el cual se aplique un valor límite de 0,010 mg/m^3 (tabla 4). En la situación específica en que la actividad laboral conlleve trabajo de soldadura o de corte por chorro de plasma u otros similares que generen humo, debe aplicarse durante el período transitorio un valor límite de 0,025 mg/m^3, tras el cual se ha de aplicar el límite habitual de 0,005 mg/m^3. Por su parte, el documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", elaborado por el INSST, actualizó, en el año 2021, los compuestos de Cr (VI), como Cr, en la lista de agentes químicos estableciendo un VLA-ED® en consonancia con lo recogido en la Directiva y añadiendo las notas que se detallan en las tablas 5 y 6 de la página siguiente, así como unos VLB®, recogidos en la tabla 7.

[3] El número CE es el número oficial de la sustancia en la UE, tal como se define en la sección 1.1.1.2 del anexo VI, parte 1, del Reglamento (CE) n° 1272/2008.

[4] N° CAS: Número de registro del Chemical Abstracts Service (servicio de resúmenes de productos químicos).

[5] Medido o calculado en relación con una media ponderada temporalmente con un período de referencia de ocho horas.

[6] mg/m^3= miligramos por metro cúbico de aire a 20°C y 101,3 KPa (760 mm de presión de mercurio).

Tabla 5. Valores Límite Ambientales (VLA)						
N° CE	N° CAS	Agente químico	Valores límite		Notas	Indicaciones de peligro (H)
			VLA-ED®	VLA-EC®		
-	-	Compuestos de Cr (VI), como Cr (2021)	0,01 mg/m³ [7]	-	C1, VLB®, Sen, r, v[8]	

Fuente: Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022"

Tabla 6. Valores Límite Ambientales con entrada en vigor en los próximos años						
N° CE	N° CAS	Agente químico	VLA-ED®	VLA-EC®	Notas	Fecha de entrada en vigor
-	-	Compuestos de Cr (VI), como Cr	0,005 mg/m³	-	C1, VLB®, Sen, r, v	2025

Fuente: Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022"

Tabla 7. Valores Límite Biológicos							
N° CE	N° CAS	Agente químico	Indicador biológico (ib)	Valores límite VLB®	Momento de muestreo	Notas	Indicaciones de peligro (H)
-	-	Cromo (VI), humos solubles en agua (2008)	Cromo total en Orina	10 µg/l	Principio y final de la jornada laboral[9]		350i-317-400-410
			Cromo total en Orina	25 µg/l	Final de la semana laboral[10]		

Fuente: Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022"

7 Se establece un valor límite de 0,025 mg/m³ para procesos de soldadura o de corte por chorro de plasma u otros similares que generen humo, hasta el 17 de enero de 2025.

8 C1: Carcinógenos o supuestos carcinógenos para el hombre. Compruébese para cada agente específico su clasificación conforme al Reglamento (CE) n° 1272/2008.
VLB®: Agente químico que tiene Valor Límite Biológico específico en este documento.
Sen: Sensibilizante. Véase Capítulo 6 del Documento "Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2022".
r: Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso en los términos especificados en el "Reglamento (CE) n° 1907/2006 sobre Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y preparados químicos" (REACH) de 18 de diciembre de 2006 (DOUE L 369 de 30 de diciembre de 2006). Las restricciones de una sustancia pueden aplicarse a todos los usos o sólo a usos concretos. El anexo XVII del Reglamento REACH contiene la lista de todas las sustancias restringidas y especifica los usos que se han restringido.
v: Agente cancerígenos con valor límite vinculante recogido en el anexo III del RD 665/1997 y en sus modificaciones posteriores.

9 El valor se refiere a la diferencia de los resultados de las muestras tomadas al final y al principio de la jornada laboral.

10 Después de cuatro o cinco días consecutivos de trabajo con exposición, lo antes posible después del final de la última jornada, dado que los indicadores biológicos se eliminan con vidas medias superiores a las cinco horas. Estos indicadores se acumulan en el organismo durante la semana de trabajo, por lo tanto, el momento de muestreo es crítico con relación a exposiciones anteriores.

Para llevar a cabo la evaluación cuantitativa de la exposición al cromo hexavalente, y verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional, los métodos analíticos que se utilicen en la determinación de contaminantes ambientales deben cumplir los requisitos generales de los procedimientos de medida de la norma *UNE-EN 482:2021, Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento.*

Por tanto, la evaluación de la exposición a agentes químicos requiere disponer de métodos de toma de muestra y análisis que permitan conocer la concentración de los contaminantes en el aire del ambiente de trabajo y/o la concentración de un contaminante o la de alguno de sus metabolitos o indicadores de efecto en determinados fluidos fisiológicos.

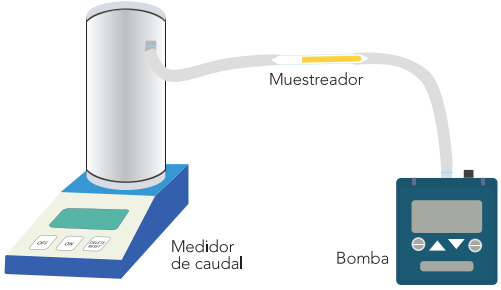
Por tratarse de actividades con exposición a agentes cancerígenos o mutágenos, que están incluidas en el anexo I del Reglamento de los Servicios de Prevención y, según el artículo 11 del mismo Reglamento, la evaluación en ningún caso podrá ser realizada personalmente por el empresario. Con independencia de que se realice con recursos propios o que el empresario recurra a uno o a varios servicios de prevención ajenos (SPA), dada la trascendencia y la posible complejidad del proceso de evaluación, es recomendable que el Técnico de Prevención que la ejecute posea la especialidad en Higiene Industrial.

Para el caso del Cr (VI), el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) tiene validado el método: *MTA/MA-063/A23 Determinación de cromo hexavalente en aire (fracción inhalable). Método de captación en filtro. Cromatografía iónica*. Este método describe el procedimiento para la determinación de la concentración de Cr (VI) en el aire de los lugares de trabajo, mediante la captación en un filtro impregnado de una disolución de hidróxido sódico, y análisis por cromatografía iónica con detector ultravioleta – visible (UV-visible). La muestra se obtiene haciendo pasar, con ayuda de una bomba de muestreo personal, un volumen de aire a través de un filtro de fibra de cuarzo impregnado con una disolución 1 M de NaOH e incorporado en un muestreador de la fracción inhalable. Los compuestos de Cr (VI), presentes en el aire de los lugares de trabajo, quedan retenidos en el filtro. En el documento *CR-03/2006. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada* del INSST se puede encontrar información sobre los tipos de muestreadores de la fracción inhalable a emplear.

Hay que tener en cuenta que los compuestos de cromo hexavalente en estado sólido suelen ser poco reactivos y su interacción con el filtro de captación es prácticamente despreciable, independientemente de la naturaleza de este. Sin embargo, en el caso de los compuestos de cromo hexavalente que están en el ambiente en forma de aerosoles líquidos (nie-

Representatividad de las muestras

Siempre que se realice una **evaluación cuantitativa** de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso se ha de seguir una estrategia de muestreo que garantice la representatividad de los datos obtenidos. La norma **UNE-EN 689:2019+AC:2019** *Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional*, propone una posible estrategia para comparar la exposición diaria con los valores límite de exposición profesional.

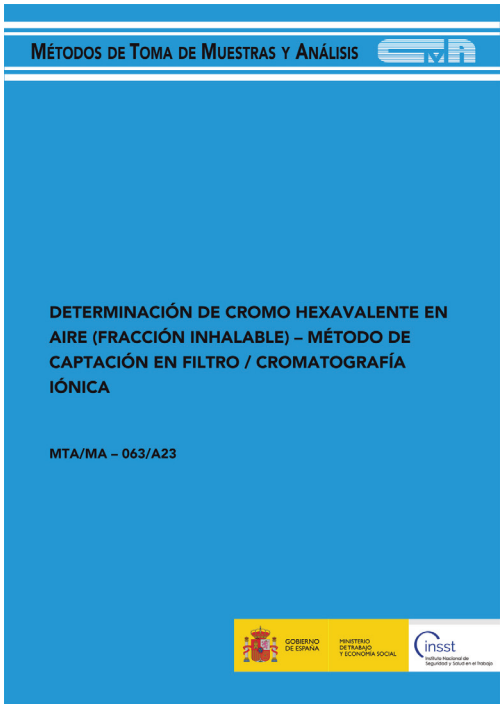


blas, brumas, etc.), en especial las nieblas de ácido crómico, el Cr (VI) reacciona con el filtro y origina recuperaciones analíticas menores.

En estas situaciones, es necesario evaluar la recuperación analítica y la estabilidad de las muestras para diferentes tipos de filtros, con el objeto de validar la idoneidad de estos para su uso en la toma de muestra de aerosoles líquidos de Cr (VI) (*CR-10/2016*, INSST).

En este sentido, en el documento *CR-10/2016 Determinación de cromo hexavalente en aire. Criterios y Recomendaciones para la selección del filtro de muestreo en las determinaciones de cromo (VI) en nieblas de ácido crómico*, elaborado por el INSST, se recoge un estudio sobre la evaluación de la influencia del filtro de muestreo y consideraciones y recomendaciones para la determinación de Cr (VI) en nieblas de ácido crómico.

Por otro lado, para la determinación de la conformidad con los valores límite biológicos, se dispone del siguiente método aceptado por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST): *MTA/MB-018/A94 Determinación de cromo en orina. Método de cámara de grafito. Espectrometría de absorción atómica*. Este método especifica el procedimiento a seguir y el equipo necesario para la determinación de cromo (Nº CAS 7440-47-3) en orina por espectroscopía de absorción atómica en el intervalo de concentraciones de 1 a 20 g/l de orina (19,2 a 384 nmol/l), aplicable al seguimiento de poblaciones laborales potencialmente expuestas a cromo y compuestos de cromo.



Control de la exposición

Las medidas de prevención de la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos se deben aplicar según un orden de prioridad en función de su efectividad. Los artículos 4, 5 y 6 del Real Decreto 665/1997 recogen las obligaciones del empresario a este respecto.

La primera opción debe ser siempre la sustitución del agente y, cuando no se pueda realizar, se estudiará la posibilidad de trabajar en un sistema cerrado. Cuando tampoco sea posible trabajar en un sistema cerrado, hay que recurrir a todas las medidas que sean necesarias para reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible. Por último, si las medidas anteriores no fuesen suficientes, se recurrirá a los equipos de protección individual (EPI).

Orden de prioridad de las actuaciones preventivas para agentes cancerígenos:

1. Sustitución.
2. Cerramiento del proceso.
3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.
4. Equipos de Protección Individual.

1. Sustitución

La medida prioritaria, y obligatoria siempre que sea factible, cuando se trabaja con agentes cancerígenos o mutágenos, es siempre la sustitución por otro agente u otro proceso que no sea peligroso o lo sea en menor grado. Así lo establece el art. 4 del RD 665/1997.

Además, el art. 10 del RD 665/1997, establece que el empresario deberá suministrar a las autoridades laborales y sanitarias, cuando éstas lo soliciten, la información adecuada sobre los criterios y resultados del proceso de sustitución de los agentes cancerígenos o mutágenos a que se refiere el mencionado art. 4.

Esta medida es la más difícil de aplicar, sobre todo cuando un proceso productivo ya está implantado, y se deben tener en cuenta muchas variables, pero se debe planificar y ejecutar siempre que sea viable, aunque tenga mayor coste, y es necesario permanecer al día en cuanto a los avances tecnológicos de cada sector relacionados con posibles sustitutos.

La sustitución puede estar basada en el cambio de un agente por otro menos peligroso o en un cambio de los procedimientos. En cualquier caso, siempre se deben valorar los nuevos riesgos que pueden introducirse con la sustitución.

Existen diversas herramientas útiles de ayuda para llevar a cabo el proceso. En el portal de sustitución SUBSPORTplus se pueden consultar algunas experiencias aplicadas para la sustitución del Cr (VI).

Por otro lado, debido a sus propiedades cancerígenas, el cromo hexavalente es una sustancia extremadamente preocupante (SVHC) según el Reglamento (UE) nº 1907/2006 (Reglamento REACH). Desde finales de 2017, existe un requisito de autorización para el Cr (VI) conforme a REACH en la Unión Europea (UE), es decir, se debe presentar una solicitud a la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) para su uso, importación y puesta a disposición en el mercado de la UE. Por lo tanto, los sectores afectados trabajan en formas de sustituir el Cr (VI) en los tratamientos superficiales, como, por ejemplo, en el sector sanitario. En un estudio realizado por la BAuA (*Federal Institute for Occupational Safety and Health*, Germany) en 2022, se recogieron tres casos de estudio de empresas que utilizan cromo trivalente como alternativa al cromo hexavalente. En este caso, incluso es posible que las empresas eviten otra sustancia preocupante, el níquel, en el tratamiento superficial de las instalaciones sanitarias (*Portal de sustitución SUBSPORT*, 2022).

También es posible sustituir el Cr (VI) utilizado en los procesos de cromado decorativo por cromo trivalente, siempre que las características solicitadas al material no exijan el uso de hexavalente. Otra opción sería utilizar otro tipo de acabado que también ofrezca resistencia a la corrosión y reducción del

Recursos para la sustitución

Se pueden consultar más experiencias prácticas de sustitución o eliminación del riesgo en los siguientes enlaces:

- Soluciones, ejemplos de sustitución y buenas prácticas para agentes cancerígenos, de la iniciativa Roadmap on carcinogens.

https://roadmaponcarcinogens.eu/solutions/good-practices/

- Portal de sustitución SUBSPORT.

https://www.subsportplus.eu/

- Portal de herramientas para la sustitución de la OCDE.

http://www.oecdsaatoolbox.org/

- Fichas de ayuda a la sustitución del INRS.

http://www.inrs.fr/actualites/nouvelles-far-fas.html

BASEQUIM. Ficha 011: Soldadura manual TIG de aceros inoxidables y de alta aleación con cromo o níquel: exposición a humos metálicos.

BASEQUIM. Ficha 023. Tratamientos de superficies. Cromado electrolítico manual: Exposición a cromo hexavalente

coeficiente de rozamiento, como, por ejemplo, revestimiento laminar con zinc y aluminio, cincado electrolítico junto con capa orgánica, etc. En el año 2006 se presentó un proyecto piloto para la sustitución del Cr (VI) en los revestimientos anticorrosivos cromados de los aviones militares por óxidos de cerio, con resultados prometedores (*Portal de sustitución SUBSPORT*, 2022).

2. Cerramiento del proceso

El art. 5.2 del RD 665/1997 establece que, en caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno o mutágeno, el empresario garantizará que la producción y utilización del mismo se lleven a cabo en un sistema cerrado. Se trata, por tanto, de la primera opción tecnológica para la prevención y reducción de la exposición, que se diseñará preferentemente a presión negativa. Esta medida consiste en evitar la dispersión del agente en el aire que respira el trabajador situando el proceso dentro de un sistema cerrado con evacuación del aire pretratado a un entorno seguro para evitar que los agentes dañen el medio ambiente o la salud pública.

Los sistemas cerrados y estancos no solamente eliminan la exposición, sino que además evitan la exposición a productos intermedios del proceso. No obstante, se deberá asegurar un adecuado programa de mantenimiento preventivo y, cuando sea posible, predictivo de estos sistemas para minimizar los posibles fallos que puedan dar lugar a un riesgo de exposición.

El INSST ofrece en su página web acceso a las Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ), elaboradas por el Health and Safety Executive (HSE) de su modelo COSHH Essentials. Las fichas del programa COSHH Essentials proporcionan recomendaciones básicas de buenas prácticas de trabajo para distintas operaciones a fin de controlar la exposición a sustancias químicas peligrosas en el entorno laboral. La serie 300: contención (sistemas cerrados), resulta de especial ayuda en este caso.

Un ejemplo ilustrativo lo encontramos en el caso de los tratamientos de superficie mediante cromado electrolítico manual, donde el trabajador puede estar expuesto a los agentes químicos presentes en las cubas (cromo, ácidos fuertes, etc.) durante las tareas de cromado. En estas operaciones, las medidas de reducción y control del riesgo incluyen igualmente el cerramiento total y automatización del proceso, junto con el aislamiento del proceso con respecto al resto de actividad, para que el número de personas expuestas sea el mínimo. Además, se empleará la extracción localizada en las cubas de cromo. También sería recomendable una extracción localizada en las zonas por las que se trasladan los bastidores extraídos con las piezas cromadas de la cuba para la limpieza de la superficie cromada (*Basequim. Ficha 023*, INSST).

3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible

El art. 5.3 del RD 665/1997 determina que, cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, el empresario garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores se reduzca a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.

Se trata, por tanto, de implantar medidas técnicas y organizativas de forma que la exposición se reduzca tanto como sea técnicamente posible. Esta obligación implica que no es suficiente con alcanzar niveles de exposición por debajo del límite de exposición profesional establecido, sino que hay que ir más allá, aplicando todas las medidas disponibles.

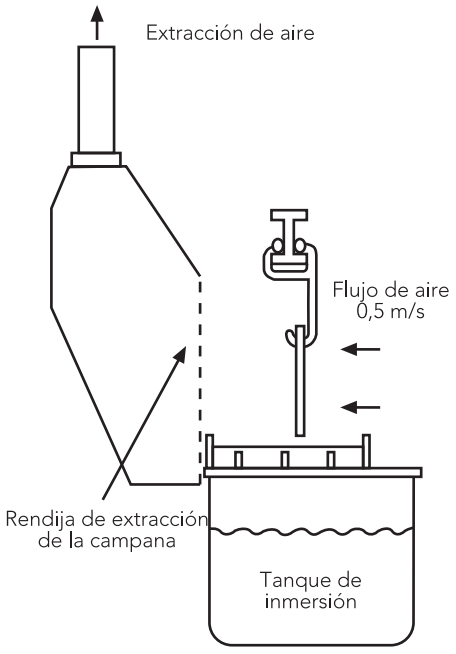
Además, en el art. 5.5 del Real Decreto 665/1997 se establece que siempre que se utilice un agente cancerígeno o mutágeno, el empresario aplicará todas las medidas necesarias recogidas en el mencionado artículo. En general, estas exigencias van en la misma línea que también establece el *Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo*, añadiendo la mención expresa de instalar dispositivos que detecten y alerten en caso de situaciones que puedan generar exposiciones anormalmente altas, como podría ser, por ejemplo, un fallo en el sistema de extracción localizada.

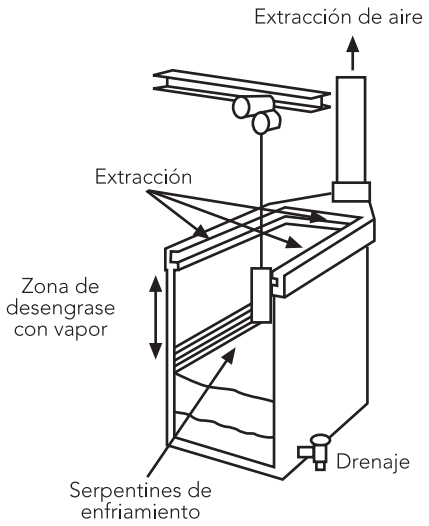
Las medidas encaminadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible incluyen la limitación de las cantidades del agente cancerígeno o mutágeno en el lugar de trabajo, así como diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de agentes cancerígenos o mutágenos.

Además, estas medidas incluyen el limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo, evacuar los agentes cancerígenos o mutágenos en origen, mediante extracción localizada, o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente y utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes y aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.

La serie 100: Ventilación general, la serie 200: Control Técnico y la serie 400: Especial, de las FCAQ, contienen información práctica de interés que puede ayudar a la aplicación de estas medidas.

Por ejemplo, en los trabajos de soldadura manual TIG de aceros inoxidables y de alta aleación con cromo o níquel, existe riesgo de exposición a los humos metálicos. Durante la realización de estas tareas, los trabajado-





Ejemplos de medidas de control técnico mediante extracción localizada en baños de decapado (arriba) y en cubas de desengrase por vapor (debajo).

res pueden resultar expuestos a humos metálicos procedentes tanto del metal base como de las varillas de aportación, si se utilizan, y a gases procedentes de reacciones ambientales. Las medidas de reducción y control del riesgo en este caso pasan por la aplicación de ventilación por extracción localizada (*Basequim. Ficha 011*, INSST).

De este modo, y según los casos, pueden resultar apropiados los siguientes equipos:

- Para trabajos en posiciones relativamente fijas y con piezas de reducido tamaño: cabina pequeña de soldadura.
- Para trabajos en posiciones relativamente fijas y con piezas de tamaño mediano o grande: equipo de ventilación centralizado con las tomas necesarias compuestas, cada una, por conducto articulado y campana de aspiración de tipo captura. Se entiende por campanas de captura las que no encierran el foco ni están situadas en el camino natural del contaminante.
- Para otros trabajos: equipo móvil constituido por un carro con ruedas, que contiene el ventilador y los filtros, el conducto y la campana de aspiración de tipo captura.

Además de los equipos mencionados, se podrán aplicar otra serie de medidas encaminadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea posible, tales como (*Basequim. Ficha 011*, INSST):

- Ventilación general: la ventilación general del recinto donde se ubican los puestos de soldadura debe proporcionar un caudal suficiente de aire para diluir la contaminación residual hasta niveles insignificantes, con un barrido completo, y garantizar una compensación rápida con aire limpio exterior del aire extraído mediante los equipos de aspiración, para evitar que una depresión excesiva del local cause un mal funcionamiento de estos equipos.
- Medidas de mantenimiento del sistema de control técnico: se realizará el mantenimiento de los equipos de ventilación por extracción localizada siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Medidas de seguimiento del sistema de control técnico: se debería realizar una inspección visual de los equipos de ventilación antes de cada uso en busca de signos externos de daño, como conductos rotos, campanas deformadas, etc. Es recomendable comprobar periódicamente (al menos cada seis meses) el funcionamiento de los equipos, midiendo los parámetros fundamentales y comparando los datos con los valores de diseño.
- Delimitación, señalización y restricción de acceso: las zonas en las que se desarrollen los trabajos de soldadura de acero inoxidable deben ser delimitadas y disponer de señalización que alerte del peligro que su-

pone para la salud respirar los humos de soldadura, debido a la posible presencia de compuestos de cromo y níquel. Sólo se permitirá el acceso a las mismas al personal que deba operar en ellas.

Las medidas aquí descritas como ejemplos deberán adaptarse a las condiciones específicas de cada lugar de trabajo.

En otros casos, como en los tratamientos de superficie mediante cromado electrolítico manual, se puede reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible actuando sobre algunos parámetros del baño como la concentración de cromo, la temperatura y tiempos de cromado, tensión superficial, etc., de tal forma que se reduzca la generación de nieblas de cromo hexavalente durante el proceso de cromado (*Basequim. Ficha 023*, INSST).

También el uso de antiespumantes para limitar la formación de nieblas o el uso de boquillas de inyección al realizar la mezcla de sustancias químicas para evitar la agitación del baño son prácticas que pueden contribuir a la reducción de la exposición.

Un reciente ejemplo de buenas prácticas aplicado para la reducción de la exposición a los compuestos de cromo hexavalente lo encontramos en la empresa URSA Chemie GmbH, ganadora en el año 2020 del premio *"German Hazardous Substance Protection Award"*, por sus soluciones técnicas para el manejo seguro de sustancias cancerígenas. URSA Chemie GmbH de Montabaur desarrolló un sistema con el que los bidones de ácido crómico se pueden abrir, vaciar y limpiar sin contacto (*Roadmap on Carcinogens. Good practices*).

4. Equipos de protección individual

Como norma general en prevención, los EPI deben utilizarse como último recurso, solo cuando se hayan puesto en práctica todas las medidas de prevención prioritarias y estas no sean suficientes.

Los resultados de la evaluación de riesgos serán la base para determinar la necesidad de utilizar equipos de protección individual, así como para la selección de los equipos más adecuados. Además, al seleccionar los equipos, se debe tener en cuenta la anatomía de los trabajadores que lo van a utilizar y, en el caso de los equipos de protección respiratoria basados en el ajuste facial, es muy recomendable realizar un test de ajuste a cada persona.

Las fichas de datos seguridad (FDS) de los productos y las fichas internacionales de seguridad química (FISQ), estas últimas que se pueden consultar en la página web del INSST, ofrecen a su vez información relevante en relación, entre otras cuestiones, a las medidas de protección individual a adoptar en función de cada compuesto de Cr (VI).

Referencias normativas

Para la selección, el uso y el mantenimiento de los equipos de protección individual se deben cumplir las prescripciones establecidas en el *Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*

Se puede encontrar más información al respecto en la Guía Técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, elaborada por el INSST para aclarar los aspectos técnicos establecidos en dicho Real Decreto.

Para obtener información detallada sobre distintos tipos de EPI pueden consultarse las Fichas de selección y uso de equipos que aparecen en los distintos enlaces de la sección de Equipos de Protección Individual de la web del INSST, incluidos en los correspondientes apartados del Apéndice 4 de la Guía Técnica.

Código de color	Tipo de filtro	Aplicación
	B	Vapores y gases inorgánicos
	P	Partículas

Tabla 8. Equipos de Protección Individual contemplados en las FISQ para algunos compuestos de Cromo (VI)		
Compuesto	**Identificación**	**Protección Personal**
Cromato de sodio	CAS: 7775-11-3 N° ONU: 3288	Traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración.
Cromato de potasio	CAS: 7789-00-6 N° ONU: 3288	Traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración.
Cromato de cinc	CAS: 13530-65-9 N° ONU: 3288	Respirador con filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire.

Con carácter general, los trabajadores expuestos a Cr (VI) deberán utilizar máscaras de protección frente al polvo, preferiblemente con una eficacia superior al 99 % para retener partículas de 0,5 µm, en todos aquellos casos en los que existan concentraciones que superen los niveles establecidos y se deberán suministrar equipos de protección respiratoria autónomos para realizar tareas que se consideren peligrosas. El empresario deberá asegurarse de que los depósitos de polvo y otros contaminantes de superficie hayan sido eliminados por lavado o por aspiración antes de comenzar cualquier trabajo de este tipo. También es necesario proporcionar al personal ropa de protección. Se recomienda el uso de protección para las manos y ojos, y la inspección, reparación y sustitución de los equipos de protección individual (EPI) deben estar garantizados (*Enciclopedia OIT*, capítulo 63).

Por ejemplo, en los trabajos de soldadura manual TIG de aceros inoxidables y de alta aleación con cromo o níquel con exposición a humos metálicos, es más que recomendable recurrir a pantallas de soldadura cerradas con aportación de aire filtrado, por su mayor comodidad y por la dificultad que presenta hacer compatibles otros equipos de protección con las pantallas de soldadura de cabeza, que son siempre preferibles a las de mano.

En cualquier caso, si se utilizaran equipos de protección respiratoria dependientes del medio ambiente, deberían ser de alta eficacia frente a par-

tículas sólidas (mascarilla autofiltrante FFP3 o media máscara con filtros desmontables P3) y compatibles con la pantalla de soldadura de cabeza (*Basequim. Ficha 011*, INSST).

Medidas higiénicas

Las medidas higiénicas cobran especial importancia en la prevención de la exposición a agentes cancerígenos como los compuestos de Cr (VI). Estas medidas tienen varios objetivos:

- Evitar que el agente penetre a través de la piel en caso de contactos accidentales.
- Evitar la extensión y la duración de la exposición por contacto con ropa o equipos de protección manchados.
- Evitar la exposición secundaria de otras personas que puedan entrar en contacto con ropa o superficies manchadas.

El Real Decreto 665/1997 establece en su artículo 6 las medidas de higiene personal y protección individual que debe establecer la empresa, entre las que se encuentran:

- Prohibir comer, beber y fumar en las zonas de riesgo.
- Proveer ropa de protección u otro tipo de ropa apropiada.
- Disponer de lugares separados para guardar la ropa de trabajo y la de calle.
- Disponer de un lugar determinado para almacenar los EPI, verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados.

En ese mismo artículo se indica que los trabajadores identificados como expuestos deben contar con el tiempo necesario para su aseo personal, con un máximo de 10 minutos antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo.

Así mismo, el empresario debe responsabilizarse del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo y está prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Si la ropa se envía a una empresa especializada para su limpieza, debe etiquetarse de forma que el personal de dicha empresa pueda identificar el riesgo.

Referencias normativas

El *Real Decreto 1154/2020, que modifica el Real Decreto 665/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo*, especifica que el tiempo dedicado al aseo personal de los trabajadores identificados como expuestos, antes de la comida y antes de abandonar el trabajo, no podrá acumularse ni dedicarse a fines distintos.

Vigilancia de la salud

Los agentes cancerígenos o mutágenos se caracterizan, en general, por producir efectos a largo plazo o enfermedades con periodos de latencia largos. Debido a ello el Real Decreto 665/1997 establece el derecho de los trabajadores expuestos a estos agentes a la prolongación de la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la exposición o de la relación laboral.

Para que el programa de vigilancia de la salud se ajuste a los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo, el empresario debe facilitar información de estos riesgos y las fichas de datos de seguridad a la unidad básica de salud (UBS). En ausencia de pautas y protocolos de actuación específicos, esta UBS, basándose en la evaluación de riesgos y los efectos de los compuestos de Cr (VI), elaborará un protocolo y describirá documentalmente el método y criterios utilizados para la citada vigilancia de la salud (INSST, 2018).

En la actualidad no existe un protocolo de vigilancia sanitaria específica de los trabajadores para los compuestos de Cr (VI).

Referencias normativas sobre vigilancia de la salud

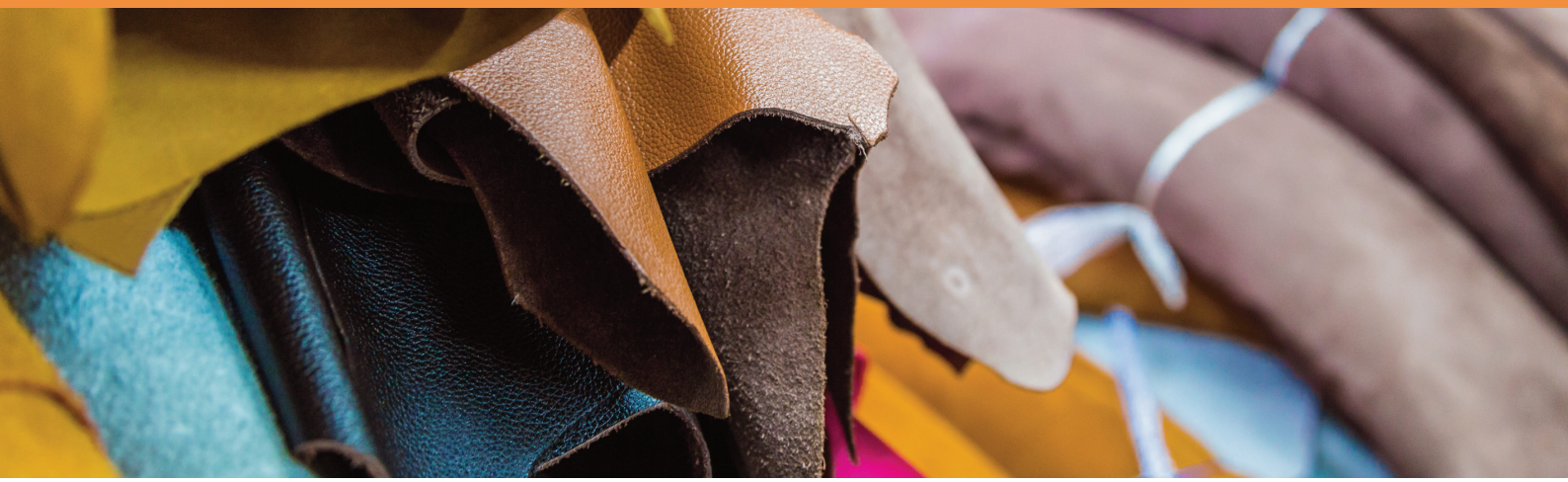
La vigilancia de la salud debe llevarse a cabo (Real Decreto 665/1997, art. 8):

- Antes del inicio de la exposición.
- A intervalos regulares, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen.
- Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador de la empresa, con exposición similar, algún trastorno que pueda deberse a la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.

Otras medidas preventivas

En los trabajos con riesgo por exposición a compuestos de Cr (VI) se deberán cumplir otra serie de medidas establecidas en el Real Decreto 665/1997 en relación con:

- Exposiciones accidentales y no regulares (artículo 7).
- Obligaciones con respecto a la documentación (artículo 9).
- Información a las autoridades competentes (artículo 10).
- Consulta, información y formación a los trabajadores (artículos 11 y 12).



Referencias

- Braver-Sewradj, S.P. den.; Benthem, J. van.; Staal, Y.C.M., Ezendam, J.; Piersma, A.H.; Hesse, E. V.S.; (2021). Occupational exposure to hexavalent chromium. Part II. Hazard assessment of carcinogenic effects.
- Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2017, por la que se modifica la Directiva 2004/37/CE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.
- Enciclopedia OIT. Capítulo 63. Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad.
- Hessel, E.; Staal, Y.C.M.; Piersma, A. H.; den Braver-Sewradj, S.P.; Ezendam, J.; (2021). Occupational exposure to hexavalent chromium Part I. Hazard assessment of non-cancer health effects.
- IARC (1990). IARC Monographs on the evaluation of carninogenic risks to humans. Chromium, Nickel and Welding.
- IARC (2012). Arsenic, metals, fibres, and dusts. Volume 100 C. A review of human carcinogens.
- INSHT. CR-03/2006. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.
- INSHT. CR-10/2016. Determinación de cromo hexavalente en aire. Criterios y recomendaciones para la selección del filtro de muestreo en las determinaciones de Cromo (VI) en nieblas de ácido crómico.
- INSHT. Infocarquim. Compuestos de cromo (VI), excepto el cromato de bario y los expresamente indicados.
- INSHT. MTA/MB-018/A94. Determinación de cromo en orina. Método de cámara de grafito. Espectrometría de absorción atómica.
- INSHT. STP. BASEQUIM. Ficha 011. Soldadura manual TIG de aceros inoxidables y de alta aleación con cromo o níquel: exposición a humos metálicos.
- INSHT. STP. BASEQUIM. Ficha 023. Tratamientos de superficies. Cromado electrolítico manual: Exposición a cromo hexavalente.
- INSST. Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ).

- INSST. Fichas Internacionales de Seguridad Química. FISQ. Compuestos de Cr (VI).
- INSST. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España, 2022.
- INSST. MTA/MA-063/A23. Determinación de cromo hexavalente en aire (fracción inhalable). Método de captación en filtro. Cromatografía iónica.
- NIOSH (2013). Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Hexavalent Chromium.
- 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.
- Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo.
- Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas.
- RoadMap on carcinogens (2018). The Facts Chromium VI and Good Practices.
- SUBSPORT (2022). Portal de sustitución.
- UNE-EN 482: 2021. Exposición en el lugar de trabajo. Procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos. Requisitos generales relativos al funcionamiento.
- Yatera, K.; Morimoto, Y.; Ueno, S.; Noguchi, S.; Kawaguchi, T.; Tanaka, F.; Suzuki, H.; Higashi, T.; (2018). Cancer Risks of Hexavalent Chromium in the Respiratory Tract.

Autor:
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Hipervínculos:
El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

datos abiertos

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
http://cpage.mpr.gob.es

Catálogo de publicaciones del INSST:
http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones

AC.7.1.22

NIPO (en línea): 118-22-002-4
NIPO (papel): 118-22-001-9
Depósito Legal: M 24338-2021