

# Acrilonitrilo



## AGENTES CANCERÍGENOS EN EL TRABAJO: Conocer para prevenir

### Qué es y dónde se puede encontrar

El acrilonitrilo, también denominado cianuro de vinilo, es una sustancia de naturaleza orgánica que se presenta como un líquido transparente incoloro a temperatura y presión normal, con un olor característico ligeramente acre y una alta solubilidad en agua. Es una importante materia prima industrial utilizada casi exclusivamente como monómero para la síntesis de materiales poliméricos y resinas (por ejemplo, poliacrilonitrilo, mezclas de acrilonitrilo-butadieno-estireno [ABS] y caucho de nitrilo), así como para productos químicos básicos (por ejemplo, hexametildiamina y acrilamida). Se obtiene a partir de la reacción de propileno, amoníaco y oxígeno (procedente del aire) en presencia de un catalizador de alta temperatura [7].

La principal fuente de liberación al medio ambiente procede de la industria de los productos químicos orgánicos, con una contribución menor de las plantas municipales de tratamiento de aguas residuales. Las investigaciones sobre la reactividad del acrilonitrilo con los radicales hidroxilo y el átomo de cloro predicen una vida atmosférica corta (alrededor de 12 h), lo que indicaría una degradación cerca de la fuente de emisión. El humo de tabaco es una fuente potencialmente importante de acrilonitrilo en el aire interior [7].

Por su parte, durante la combustión de materia vegetal como biomasa, madera y tabaco se liberan también pequeñas cantidades de acrilonitrilo. Varios estudios han cuantificado las emisiones de acrilonitrilo procedentes de incendios tropicales y de la quema de biomasa [7].

El principal uso del acrilonitrilo es como materia prima para la fabricación de fibras textiles acrílicas (315.000 toneladas por año, tpa en adelante). Otros usos importantes incluyen la producción de plásticos; el acrilonitrilo y el estireno también son utilizados en la producción de resinas de estireno-acrilonitrilo (SAN) y ABS; este uso representa, aproximadamente, el 24% del acrilonitrilo fabricado en la UE (179.300 tpa). El acrilonitrilo también se utiliza como materia prima en la producción de cauchos de nitrilo (53.000 tpa). El uso del acrilonitrilo como producto intermedio para la fa-

### 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

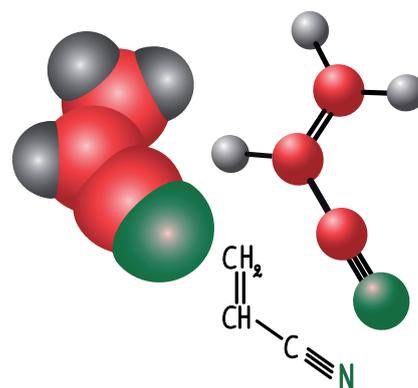
Vigilancia de la salud

Otras medidas preventivas

Referencias

Acrilonitrilo

$C_3H_3N$





bricación de materiales, resinas y productos químicos a granel (por ejemplo, adiponitrilo y acrilamida) se calcula en 136.000 tpa [7].

Conforme a los datos más recientes de la ECHA (European Chemicals Agency), la producción de acrilonitrilo se estima entre 1 y 10 millones de toneladas anuales en la UE.

Según los investigadores, se espera que el mercado mundial del acrilonitrilo registre una tasa de crecimiento moderada durante el periodo 2024-2031. Así, el ABS es el producto con mayor cuota del mercado del acrilonitrilo. Sus propiedades, como la solidez y durabilidad a bajas temperaturas y la resistencia a los productos químicos, al calor y a los impactos se aplican en la industria de los electrodomésticos y de la electrónica, así como en el sector eléctrico y de la automoción [20]. Por ejemplo, el ABS se utiliza como componentes de salpicaderos, paneles de instrumentos, revestimientos y tiradores de puertas y en los componentes de cinturones de seguridad. El creciente uso de plásticos en los automóviles para reducir el peso del vehículo, con el fin de reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia del vehículo, impulsa la demanda de ABS en la industria del automóvil y, por tanto, de acrilonitrilo.



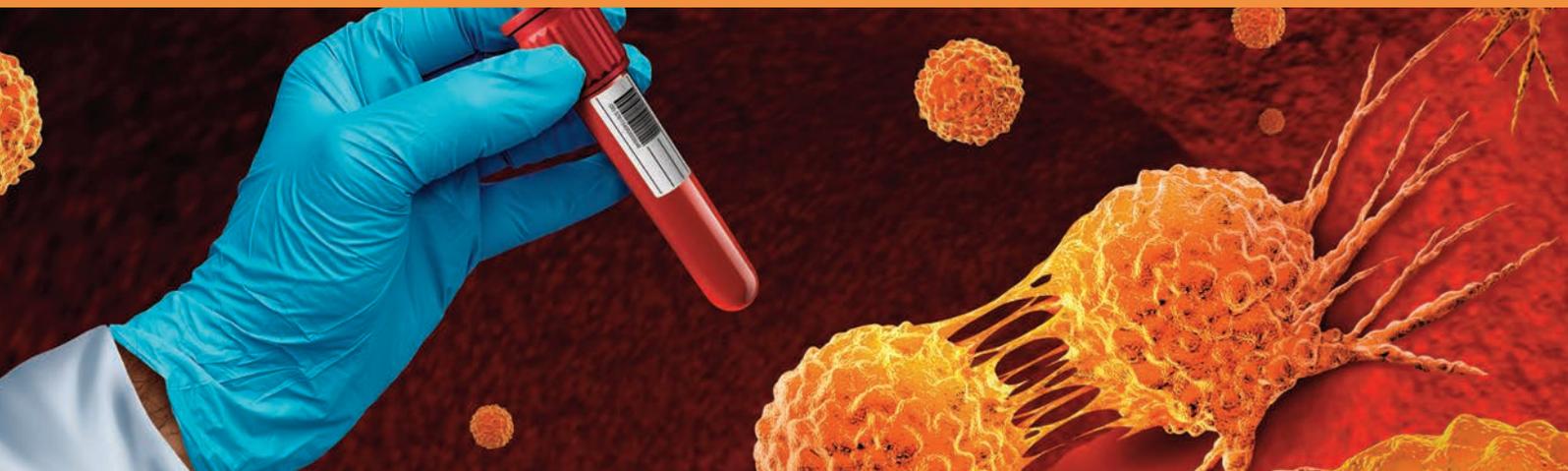
El acrilonitrilo es una sustancia de naturaleza orgánica que se presenta como un líquido transparente incoloro a temperatura y presión normal, con un olor característico ligeramente acre, y que posee una alta solubilidad en agua. Es una importante materia prima industrial utilizada para la síntesis de polímeros y resinas (por ejemplo, poliacrilonitrilo, mezclas de acrilonitrilo-butadieno-estireno [ABS] y caucho de nitrilo) y para productos químicos básicos (por ejemplo, hexametildiamina y acrilamida).

## Efectos para la salud

### Efecto cancerígeno

El acrilonitrilo está clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la IARC, lo que significa que es cancerígeno para el ser humano, debido a la existencia de evidencias suficientes de su carcinogenicidad en este. Además, está clasificado según el *Reglamento CE n° 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas* (en adelante, Reglamento





CLP) como cancerígeno de categoría 1B, lo que indica que se supone cancerígeno para el ser humano, en base a la existencia de pruebas en animales (**tabla 1**).

Así, los resultados de los estudios de toxicidad y carcinogenicidad a largo plazo realizados con ratas indican de forma concluyente que el acrilonitrilo es carcinógeno tanto por vía oral como por vía inhalatoria. Los animales desarrollaron tumores en el sistema nervioso central, el digestivo y en la glándula de Zymbal (un tejido sebáceo asociado al conducto auditivo de las especies de roedores), así como en las glándulas mamarias. Aunque no puede excluirse que el acrilonitrilo tenga potencial genotóxico y, por tanto, pueda considerarse un carcinógeno genotóxico, la bibliografía científica sugiere que la genotoxicidad indirecta a través del estrés oxidativo puede ser el principal modo de acción [7].

Actualmente, los datos epidemiológicos sobre el acrilonitrilo proceden de estudios amplios y de alta calidad. Estos estudios no pudieron confirmar una asociación causal entre la exposición de las personas trabajadoras al acrilonitrilo y el aumento del cáncer. No obstante, la falta de evidencias concluyentes no permite llegar a conclusiones absolutas de que una sustancia no sea carcinógena para el ser humano debido a la extrema dificultad para verificar o desechar posibles aumentos del riesgo de enfermedades raras (como los tumores cerebrales) en estudios de cohortes en población trabajadora [7].

En cualquier caso, a nivel legislativo en la Unión Europea, la Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022, 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* considera que el acrilonitrilo cumple los criterios para ser clasificado como agente carcinógeno (de categoría 1B) de conformidad con el Reglamento CLP, por lo que debe considerarse carcinógena en el sentido de la Directiva 2004/37/CE.

La IARC 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.

Tabla 1. Clasificación de peligrosidad armonizada del Acrilonitrilo, según el Reglamento (CE) n° 1272/2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (CLP)	
Acrilonitrilo (N° CAS: 107-13-1; N° CE: 203-466-5)	
Clasificación	
Códigos de clase y categoría de peligro	Códigos de indicaciones de peligro
Líquido inflamable: Líq. infl. 2	H225: Líquido y vapores muy inflamables.
Carcinogenicidad: Carc. 1B	H350: Puede provocar cáncer.
Toxicidad aguda: Tox. ag. 3	H331: Tóxico en caso de inhalación.
Toxicidad aguda: Tox. ag. 3	H311: Tóxico en contacto con la piel.
Toxicidad aguda: Tox. ag. 3	H301: Tóxico en caso de ingestión.
Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única): STOT única 3	H335: Puede irritar las vías respiratorias.
Irritación cutánea: Irrit. cut. 2	H315: Provoca irritación cutánea.
Lesiones oculares graves: Les. oc. 1	H318: Provoca lesiones oculares graves.
Sensibilización cutánea: Sens. cut. 1	H317: Puede provocar una reacción alérgica en la piel.
Peligroso para el medio acuático: Acuático crónico. 2	H411: Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
Etiquetado. Pictogramas y palabras de advertencia	
Peligro	



Además, la clasificación internacional de enfermedades (10ª revisión), CIE-10, incluye al acrilonitrilo en la categoría C15, lo que significa que provoca neoplasia maligna de esófago, C34 (neoplasia maligna de bronquio y pulmón) y C71 (neoplasia maligna de cerebro).

En conclusión, el acrilonitrilo, según los criterios de clasificación armonizada de peligrosidad establecidos en el Reglamento CLP (tabla 1), y en relación con los efectos sobre la salud humana, puede provocar cáncer, es tóxico en caso de inhalación, por contacto con la piel y en caso de ingestión, puede irritar las vías respiratorias y provocar irritación cutánea, provoca lesiones oculares graves y puede provocar una reacción alérgica en la piel.

### Efectos no cancerígenos

En cuanto a los efectos no cancerígenos derivados de la exposición al acrilonitrilo, se distinguen los siguientes:

- **Toxicidad aguda:**

El acrilonitrilo está clasificado en el Reglamento CLP como causante de toxicidad aguda Categoría 3 (H301, H311 y H331): tóxico por ingestión, tóxico en contacto con la piel y tóxico por inhalación. De este modo, en humanos, el acrilonitrilo muestra toxicidad aguda por todas las vías a concentraciones por encima de 5 ppm (10,9 mg/m<sup>3</sup>). Los efectos van desde irritación ocular y nasal, debilidad de las extremidades, respiración dificultosa, mareos, alteraciones neuronales, cianosis y náuseas, hasta colapso, respiración irregular y convulsiones, dependiendo de la dosis y la duración de la exposición. Los resultados en humanos coinciden con los obtenidos en especies experimentales.

- **Irritante y sensibilizante:**

El acrilonitrilo puede considerarse un irritante para la piel y las vías respiratorias y un irritante que causa lesiones oculares graves. No se considera corrosivo.

Como se indica en la tabla 1, el acrilonitrilo está clasificado en el Reglamento CLP como agente sensibilizante (Sens. cut. 1; H317, puede provocar una reacción alérgica en la piel). A pesar de que las pruebas de sensibilización cutánea en humanos tras la exposición dérmica al acrilonitrilo en entornos laborales son limitadas y sólo se han notificado unos pocos casos entre la gran población de personas trabajadoras, los datos de estudios en animales proporcionan pruebas claras de sensibilización cutánea tras la exposición dérmica al acrilonitrilo.





Por otro lado, no existen datos relevantes para humanos o animales en relación con los efectos de sensibilización respiratoria del acrilonitrilo. Observaciones indirectas de estudios de inhalación en animales y en el lugar de trabajo sugieren que el acrilonitrilo no es un agente sensibilizante respiratorio.

- **Genotoxicidad:**

En estudios *in vitro* se ha demostrado la genotoxicidad del acrilonitrilo. Sin embargo, esta conclusión no resulta tan evidente en estudios *in vivo*, los cuales sugieren que el acrilonitrilo o el metabolito activo, el óxido de 2-cianoetileno (CEO, por sus siglas en inglés), pueden no alcanzar los tejidos diana *in vivo*, quizá debido a la detoxificación del CEO por vías de conjugación del glutatión no presentes *in vitro*. Aunque varios estudios recientes, tanto *in vitro* como *in vivo*, han sugerido que el daño oxidativo puede ser un mecanismo de acción no genotóxico, no hay pruebas suficientes de que los efectos genotóxicos no desempeñen ningún papel en la toxicidad del acrilonitrilo [7].

### Efectos de exposición de corta duración

La sustancia y el vapor irritan los ojos, la piel y el tracto respiratorio, pudiendo afectar al sistema nervioso central. La exposición muy por encima del límite de exposición profesional (LEP) podría causar la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.

### Efectos de exposición prolongada o repetida

El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al hígado, además de los efectos cancerígenos ya mencionados.

### Toxicocinética

El acrilonitrilo se absorbe bien tanto en humanos como en animales a través de todas las vías de exposición. Actualmente, los datos sobre la toxicocinética del acrilonitrilo en humanos son limitados; sin embargo, las pruebas disponibles apoyan la existencia de vías metabólicas idénticas o muy similares a las observadas en la rata. Tras su absorción, el acrilonitrilo se metaboliza en el hígado por dos vías, una de detoxificación (vía 1) mediante conjugación con glutatión, y otra de activación (vía 2) mediante epoxidación, formando CEO.





El metabolismo posterior del CEO, a través de una o más reacciones de hidrólisis, conduce a la producción de varios metabolitos, entre los que se incluyen el ácido cianoacético, el 2-cianoetanol y el cianuro (excretado posteriormente como tiocianato). La vía de excreción predominante es la urinaria, y sólo una pequeña proporción (3-8%) se excreta a través de las heces. La excreción de la dosis absorbida es rápida, con un 75% en 24 horas; sin embargo, una parte se retiene durante más de 10 días, posiblemente debido a la unión macromolecular. Los estudios *in vitro* confirman que el hígado es el principal lugar de metabolismo y sugieren otros lugares como los testículos, los riñones, los pulmones, el tejido nasal, el intestino delgado y el cerebro. Se ha propuesto una vía enzimática de detoxificación adicional para el CEO en humanos a través de la lipoxigenasa pulmonar humana, que no está activa en ratas, pero puede inducirse.

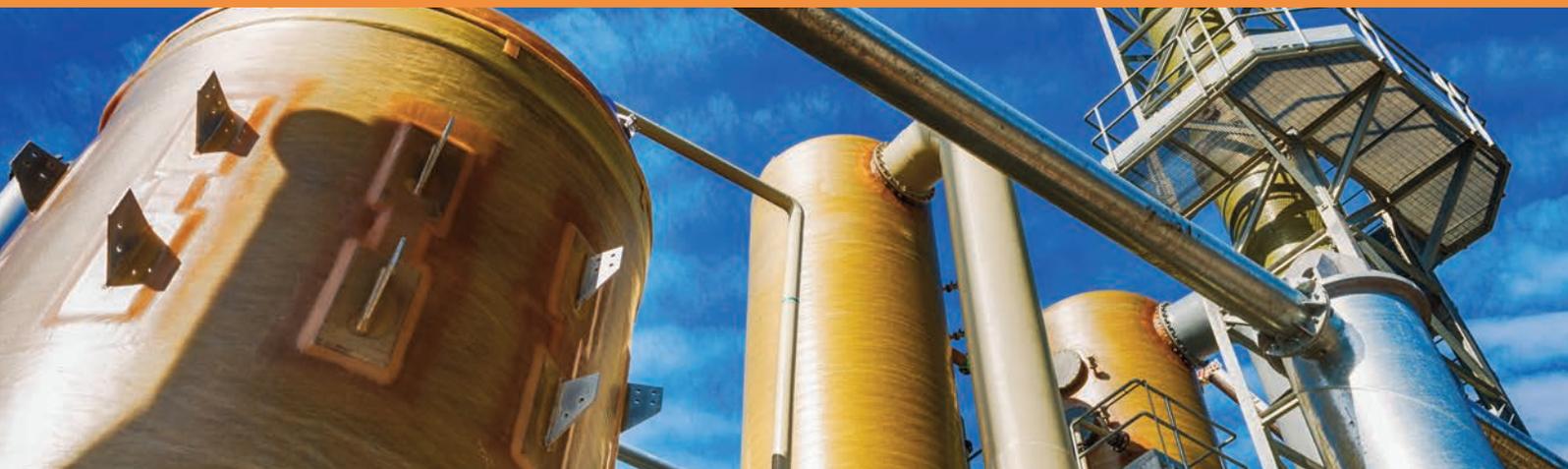
Se han desarrollado modelos PBPK (*modelado farmacocinético fisiológicamente basado [PBPK, por sus siglas en inglés]*) para el acrilonitrilo en ratas y humanos y se han aplicado a la evaluación del riesgo de cáncer. Varios estudios de biomonitorización que utilizan la medición del CEV [N-(2-Cianoetil) valina] en sangre han demostrado la utilidad de este biomarcador para evaluar las exposiciones a acrilonitrilo, tanto en exposición única como a corto plazo, en personas trabajadoras y en la población general. Se han notificado síntomas locales de irritación en no fumadores con niveles de CEV superiores a 100 pg/g globulina [7].

Por último, cabe considerar, a su vez, que 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 el grupo 1 (enfermedades causadas por agentes químicos) y en el grupo 6 (enfermedades causadas por agentes carcinógenos) al ácido cianhídrico, cianuros, compuestos de cianógeno y **acrilonitrilos** en una serie de actividades descritas en el apartado "Dónde se puede dar la exposición" de este documento.



## Dónde se puede dar la exposición

La exposición profesional a acrilonitrilo puede darse durante su producción y uso en la fabricación de productos como textiles y plásticos. Sin embargo, como la fabricación debe tener lugar dentro de un sistema cerrado se considera que el mayor potencial de exposición se produce du-



rante su uso como producto químico intermedio, donde puede no ser tan fácil la aplicación de medidas de contención [7].

En general, la exposición a acrilonitrilo en el lugar de trabajo ha disminuido considerablemente desde principios de la década de 1980 debido a la aplicación de medidas de control eficaces y al uso sistemático de equipos de protección individual en situaciones laborales que implican una posible exposición [7].

En cuanto a los sectores de actividad, la mayoría de la producción de acrilonitrilo se concentra en la fabricación de fibras acrílicas usadas principalmente en la industria textil. También se utiliza como copolímero en la fabricación de resinas de plástico como el ABS y SAN, cuya principal aplicación se encuentra en tuberías, piezas para el automóvil, electrodomésticos, muebles y componentes de la construcción, entre otros. El acrilonitrilo copolimeriza con el butadieno para formar el caucho nitrílico (SBR), utilizado en la industria aeronáutica y en la fabricación de piezas moldeadas para la industria del automóvil, entre otros procesos; también se utiliza en la industria del calzado, para la fabricación de adhesivos y sellantes y materiales esponjosos. Asimismo, se emplea en la síntesis de diversos compuestos orgánicos como precursor (poliamidas, acrilamida, ácido acrílico, entre otros). En el pasado, la mezcla de acrilonitrilo y tetracloruro de carbono era usada como pesticida; sin embargo, actualmente, el acrilonitrilo ya no es destinado a este uso.

Como se mencionaba anteriormente, el *Real Decreto 1299/2006* incluye determinadas actividades con riesgo de exposición a **acrilonitrilos** que pueden dar lugar a la aparición de enfermedades profesionales, entre las que se incluyen el tratamiento térmico de piezas metálicas; fabricación de limpia metales; fabricación de colorantes, pigmentos plásticos y fibras sintéticas; emisiones gaseosas en los altos hornos, hornos de coque o combustión de espumas de poliuretano; uso en laboratorio y síntesis y producción de polímeros (poliestireno), de copolímeros (ABS) y de resinas poliésteres.

## Evaluación de la exposición

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, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo ha incorporado, mediante el *Real Decreto 612/2024* que lo modifica, los valores límite de

La base de datos INFOCARQUIM del INSST recoge, para el acrilonitrilo, las siguientes actividades y ocupaciones con riesgo de exposición:

Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE):

- C1320 Fabricación de tejidos textiles
- C2014 Fabricación de otros productos básicos de química orgánica
- C2016 Fabricación de plásticos en formas primarias
- C2017 Fabricación de caucho sintético en formas primarias

Clasificación Nacional de Ocupaciones (CNO):

- 2413 Químicos
- 3121 Técnicos en ciencias físicas y químicas
- 3127 Técnicos y analistas de laboratorio en química industrial
- 3133 Técnicos en control de instalaciones de procesamiento de productos químicos
- 3204 Supervisores de industrias química y farmacéutica
- 8131 Operadores en plantas industriales químicas



exposición profesional para el acrilonitrilo que se recogen en la tabla 2. Este real decreto supone la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022, 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*.

En el establecimiento de estos valores límite se ha considerado la dificultad de cumplir a corto plazo con el valor límite de  $1 \text{ mg/m}^3$  y con el valor límite de corta duración de  $4 \text{ mg/m}^3$  (0,45 y 1,8 ppm, respectivamente). Por lo tanto, se introduce un período de transición a partir del cual serán de aplicación estos valores límite de exposición profesional. Este periodo finaliza el 4 de abril de 2026, siendo de obligado cumplimiento a partir del 5 de abril de 2026.

Además, en su art. 3, este real decreto establece que, identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las personas trabajadoras. Esta evaluación deberá tener en cuenta especialmente toda posible vía de entrada al organismo o tipo de exposición, incluidas las que se produzcan por absorción a través de la piel o que afecten a esta.

Para llevar a cabo la evaluación cuantitativa de la exposición a acrilonitrilo, y verificar la conformidad con el valor límite de exposición profesional mencionado, los métodos analíticos que se utilicen en la determinación de contaminantes ambientales deben cumplir determinados requisitos generales en los procedimientos de medida, como los recogidos en 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.

#### Referencias normativas

El Real Decreto 612/2024, de 2 de julio, 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, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo* introduce en su anexo III los valores límites de aplicación para el acrilonitrilo (tabla 2) y suponen la transposición al ordenamiento jurídico español de la *Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022, 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*.

Hasta la entrada en vigor de estos valores límite, y conforme a lo establecido en el Real Decreto 374/2001, se aplicarán en España los valores límite recogidos para el acrilonitrilo en el documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España (documento LEP, del INSST) (tabla 3).



Tabla 2.  
Valores límite de exposición profesional. Real Decreto 665/1997.

N° CE <sup>(1)</sup>	N° CAS <sup>(2)</sup>	Agente Químico	Valores límite para el acrilonitrilo				Observaciones	Medidas transitorias
			De exposición diaria <sup>(3)</sup>		De corta duración <sup>(4)</sup>			
			mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3(5)</sup>	ppm <sup>(6)</sup>		
203-466-5	107-13-1	Acrilonitrilo	1	0,45	4	1,8	Piel <sup>(7)</sup> Sensibilización dérmica <sup>(8)</sup>	Valor límite de 2 ppm (4,4 mg/m <sup>3</sup> ) hasta el 5 de abril de 2026

Tabla 3.  
Valores Límite Ambientales (VLA).<sup>(9)</sup>

Acrilonitrilo (Documento LEP 2024, INSST)

N° CE	N° CAS	Agente Químico	Valores Límite			Notas <sup>(12)</sup>	Indicaciones de peligro (H)
			VLA-ED <sup>(10)</sup>		VLA-EC <sup>(11)</sup>		
			ppm	mg/m <sup>3</sup>			
203-466-5	107-13-1	Acrilonitrilo	2	4,4	-	C1B, vía dérmica, Sen, r, (Ω)	225-350-331-311-301-335-315-318-317-411

<sup>(1)</sup> El número CE, es decir, EINECS, ELINCS o de "ex polímero (NLP)", es el número oficial de la sustancia en la Unión Europea, tal como se define en la sección 1.1.1.2 del anexo VI, parte 1, del Reglamento (CE) n.º 1272/2008

<sup>(2)</sup> Número de registro del Chemical Abstracts Service (Servicio de resúmenes de productos químicos).

<sup>(3)</sup> Medido o calculado en relación con una media ponderada temporalmente con un período de referencia de ocho horas.

<sup>(4)</sup> Límite de exposición de corta duración. Valor límite a partir del cual no debe producirse ninguna exposición y que hace referencia a un período de quince minutos, salvo que se especifique lo contrario.

<sup>(5)</sup> mg/m<sup>3</sup> = miligramos por metro cúbico de aire a 20 °C y 101,3 kPa (760 mm de presión de mercurio).

<sup>(6)</sup> Partes por millón en volumen de aire (ml/m<sup>3</sup>).

<sup>(7)</sup> Posible contribución importante a la carga corporal total por exposición dérmica.

<sup>(8)</sup> La sustancia puede provocar sensibilización dérmica.

<sup>(9)</sup> Documento LEP (Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España, 2024. INSST).

<sup>(10)</sup> Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria.

<sup>(11)</sup> Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración.

<sup>(12)</sup> C1B: se supone que es un carcinógeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales. Es de aplicación el Real Decreto 665/1997.

Vía dérmica: indica que, en las exposiciones a esta sustancia, la aportación por la vía cutánea puede resultar significativa para el contenido corporal total si no se adoptan medidas para prevenir la absorción. En estas situaciones, es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida del contaminante. Para más información véase el Capítulo 5 de este documento.

Sen: sensibilizante. Véase Capítulo 6.

r: esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso en los términos especificados en el Reglamento (CE) n.º 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. (Ω): sujeto a la transposición de la Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022.



El acrilonitrilo es un compuesto orgánico relativamente volátil, por lo que las técnicas analíticas se centran en la medición de la fase de vapor en el aire. El método más común para su análisis es la cromatografía de gases (GC, por sus siglas en inglés).

El método 1604 de NIOSH (*The National Institute for Occupational Safety and Health, USA*), de 1994, especifica el muestreo con tubos de adsorción de carbón activado, la desorción con acetona en disulfuro de carbono y el posterior análisis mediante GC con un detector de ionización de llama (FID) [7].

La OSHA (*Occupational Safety and Health Administration, USA*) especifica también un método similar (OSDH Method ORG-37, 1982) de muestreo con tubos de carbón, desorción con acetona y posterior análisis mediante GC utilizando un detector de nitrógeno-fósforo.

En la **tabla 4** se recogen los métodos analíticos reconocidos para la determinación del acrilonitrilo en muestras de aire [7].

### 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.

**Tabla 4.**  
Métodos analíticos para la determinación del acrilonitrilo en muestras de aire.

Matriz de muestra	Procedimiento de ensayo	Límites de cuantificación/Detección	Referencias
Aire (NIOSH Method 1604)	GC-FID	Límite de detección: 0,05 mg/m <sup>3</sup> (0,02 ppm) Rango de medida: 1,5 a 1000 mg/m <sup>3</sup>	NIOSH (1994)
Aire (OSHA Method ORG-37)	GC-NPD	Límite de detección: 0,026 mg/m <sup>3</sup> Límite de cuantificación: 0,66 mg/m <sup>3</sup>	OSHA 198218, 1990
Aire (HSE Method MDHS72)	GC-FID	Rango de medida: 0,2 a 100 mg/m <sup>3</sup>	HSE 1993
Aire (HSE Methods MDHS80 and MDHS88)	GC-FID	Rango de medida: 1 a 1000 mg/m <sup>3</sup>	HSE 1995
HSE 1997 Aire EN 689 (DIN) y EN 482 (DIN)	GC-FID	Límite de detección: 0,05 mg/m <sup>3</sup>	EU RAR (EC 2004)
Aire (DGUV estudio sobre el humo de tabaco ambiental en el lugar de trabajo)	GC-NPD	Límite de detección: 0,1 µg/m <sup>3</sup>	DGUV 2008
Aire (mediante tubos absorbentes sólidos y desorción térmica)	GC-MS	Límite de detección: <0,002 µg/m <sup>3</sup>	Bricarello JR, State of California Air Resources Board16



## Control de la exposición

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

En la actualidad, la exposición laboral a acrilonitrilo se minimiza mediante el cerramiento del proceso junto con controles de ingeniería para reducir las emisiones, los flujos de residuos y las fugas del sistema cerrado. Las personas trabajadoras utilizan habitualmente protección para los ojos y la piel y se utiliza protección respiratoria cuando no se puede mantener el aislamiento.

### 1. Sustitución del agente químico

La medida prioritaria, y obligatoria siempre que sea factible, cuando se trabaja con agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos 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 Real Decreto 665/1997.

Además, el art. 10 del Real Decreto 665/1997 obliga a la empresa a suministrar a las autoridades laborales y sanitarias, cuando estas lo soliciten, la información adecuada sobre los criterios y resultados del proceso de sustitución de los agentes a que se refiere el mencionado art. 4.

La medida de sustitución 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, siendo necesario permanecer al día en cuanto a los avances tecnológicos de cada sector relacionados con posibles sustitutos.

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.





La sustitución puede estar basada en el cambio de un agente por otro menos peligroso o en un cambio de los procedimientos y procesos. 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 de sustitución. En el apéndice 2 de la *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo*, se ofrece importante información de interés a este respecto.

En el caso concreto del acrilonitrilo, no obstante, las limitadas opciones disponibles actualmente para su sustitución no son concluyentes en cuanto a reducción del riesgo de exposición en las personas trabajadoras. Se ha constatado, por ejemplo, que su empleo en la fabricación de ABS puede ser sustituido por metacrilonitrilo (2-Metil-2-propeno-nitrilo), MeAN (por sus siglas en inglés). Se trata de un nitrilo alifático insaturado, ampliamente utilizado en la preparación de homopolímeros, copolímeros, elastómeros y plásticos y como intermediario químico en la preparación de ácidos, amidas, aminas, ésteres y otros nitrilos. Esta sustancia, si bien presenta efectos adversos sobre la salud humana, no está clasificada, hoy en día, como cancerígena ni mutágena. Sin embargo, sus niveles de exposición también están regulados por su correspondiente valor límite y, además, fue propuesta para la realización de pruebas de toxicidad y carcinogenicidad por *The National Cancer Institute* debido a su alto volumen de producción y amplio uso, la falta de datos sobre su posible carcinogenicidad y su parecido estructural con el acrilonitrilo [8].

Otros estudios teóricos, como la tesis de máster *"Towards a sustainable substitute for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) in automotive industry"* [1], apuntan en la misma dirección, proponiendo sustitutos para el ABS (y no directamente para el acrilonitrilo), como la polilactida (PLA), enriquecida con una mezcla de nanofibras de lignocelulosa (LCNF) y caucho natural (NR) a una concentración del 10 % en peso, con la adición de anhídrido maleico (MA) como compatibilizador, si bien están enfocados a una producción más ecológica y no a una reducción de la exposición laboral al acrilonitrilo. Del mismo modo, el estudio *"Natural rubber to replace acrylonitrile butadiene styrene in polycarbonate blends and composites"* [2] se enfoca en ofrecer alternativas al ABS haciendo uso del caucho natural.

El INSST es el encargado de elaborar Guías Técnicas, no vinculantes, para facilitar la aplicación de los Reales Decretos de desarrollo de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. En concreto, se puede consultar en su página web [www.insst.es](http://www.insst.es) en el apartado de "Documentación > Material normativo > Guías técnicas > Específicas", la *Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo*.

En el apéndice 2 de esta Guía Técnica se recogen una serie de orientaciones sobre cómo afrontar el proceso de sustitución de un agente cancerígeno o mutágeno.





## 2. Cerramiento del proceso

El art. 5.2 del Real Decreto 665/1997 establece que, en caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico, el empresario garantizará que su producción y utilización 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 la persona trabajadora 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.

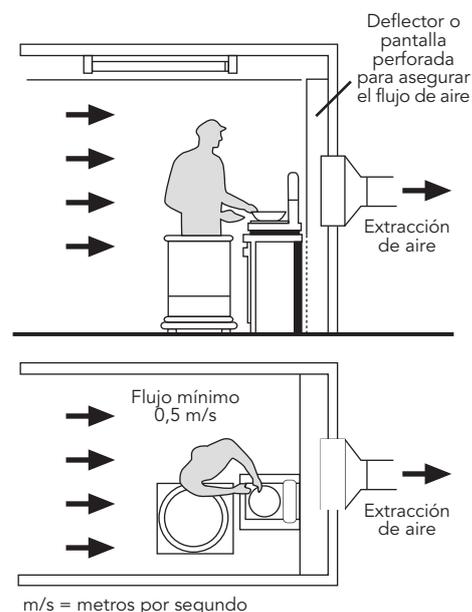
Los sistemas cerrados y estancos no solamente eliminan la exposición, sino que, además, evitan la exposición a productos intermedios del proceso. No obstante, se deberá asegurar un adecuado programa de mantenimiento preventivo y, cuando sea posible, predictivo de estos sistemas para minimizar los posibles 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, UK)* de su modelo COSHH Essentials. Estas fichas 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. Las series 200 -control técnico- y 300 -contención (sistemas cerrados)- resultan de especial ayuda en este caso.

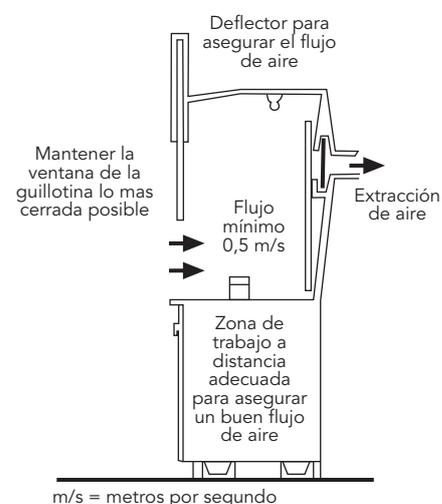
## 3. Reducción de la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible

El art. 5.3 del Real Decreto 665/1997 determina que, cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, la empresa garantizará que el nivel de exposición de las personas trabajadoras se reduzca a un nivel tan bajo como la técnica permita.

Se trata, por tanto, de implantar medidas técnicas y organizativas de forma que la exposición se reduzca tanto como sea posible desde el punto de vista técnico. 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.



Ficha guía de control 321. Baño de desengrase con vapor (FCAQ).



Ficha guía de control 203. Banco de trabajo con extracción localizada (FCAQ).



Además, en el art. 5.5 del Real Decreto 665/1997 se establece que siempre que se utilice un agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico la empresa aplicará todas las medidas necesarias recogidas en este 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 en el lugar de trabajo; diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas con el objeto de evitar o reducir al mínimo la formación de estos agentes o mutágenos; limitar al menor número posible las personas trabajadoras expuestas o que puedan estarlo; evacuar los agentes 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; 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.

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

#### 4. Equipos de protección individual (EPI)

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 EPI, así como para la selección de los equipos más adecuados. Además, al seleccionar los equipos, se debe tener en cuenta la anatomía de las personas trabajadoras 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 específico a cada persona.

#### 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.



Las fichas de datos seguridad (FDS) de los productos y las fichas internacionales de seguridad química (FISQ), disponibles estas últimas en la página web del INSST, ofrecen a su vez información relevante con relación, entre otras cuestiones, a las medidas de protección individual a adoptar en la exposición a acrilonitrilo.

Además, en la serie S: *Sustancias químicas que causan daño por contacto con la piel y con los ojos*, de las FCAQ, también se recogen fichas específicas para la selección de los equipos de protección individual (FCAQ S102), para la selección de los guantes de protección (FCAQ S101) y para el contacto con la piel y con los ojos (FCAQ S200).

Por tanto, con base a dicha información, y teniendo en cuenta las vías de entrada al organismo del acrilonitrilo y el tipo de actividad a desarrollar, los equipos de protección individual deben incluir:

**Protección respiratoria:** respirador con filtro para gases y vapores orgánicos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Utilizar sólo con ventilación adecuada.

Debe asegurarse de que la ventilación es adecuada si existe riesgo de formación de aerosoles o acumulación de vapores. Usar un respirador de cara completa o un aparato de respiración autónomo de presión positiva. No respirar el vapor o la niebla. Mantener el recipiente cerrado.

**Ropa de protección completa:** el caucho butílico es el material de protección apropiado frente al acrilonitrilo. La ropa de protección debe fabricarse con materiales específicamente recomendados para la protección contra la penetración del acrilonitrilo. Llevar botas de caucho butílico y traje de protección química completo. No utilizar ropa protectora de cuero, caucho natural o nitrilo. Si dicha ropa está contaminada con acrilonitrilo, debe ser doblemente embolsada y almacenada adecuadamente y tratada como residuo peligroso. Se debe tener en cuenta que la ropa contaminada puede constituir un peligro de incendio. Debe lavarse a fondo después de la manipulación.

**Gafas de protección de montura integral o protección ocular análoga:** se emplearán gafas de seguridad contra salpicaduras químicas o mascarilla completa para protección ocular.





**Guantes de protección:** Se deben utilizar guantes que no puedan ser penetrados por productos químicos o aceites. Los materiales de protección sugeridos son los guantes de caucho butílico de 0,5 mm de espesor - tiempo de penetración de 4 horas como mínimo-. La elección correcta de los guantes de protección depende de los productos químicos que se manipulen, de las condiciones de trabajo y uso, y del estado de los guantes (incluso el mejor guante resistente a los productos químicos se estropeará tras exposiciones químicas repetidas). La mayoría de los guantes proporcionan sólo un breve periodo de protección antes de que deban desecharse y sustituirse. Dado que los entornos de trabajo específicos y las prácticas de manipulación de materiales varían, deben desarrollarse procedimientos de seguridad para cada aplicación prevista. Por lo tanto, los guantes deben elegirse tras una evaluación completa de las condiciones de trabajo y después de consultarlo con el proveedor/fabricante.

De cualquier modo, deberá asegurarse de que las estaciones de lavado de ojos y las duchas de seguridad estén cerca del lugar de trabajo [6].

## Medidas higiénicas

Las medidas higiénicas cobran especial importancia en la prevención de la exposición a agentes cancerígenos como el acrylonitrilo. 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 contaminados.
- Evitar la exposición secundaria de otras personas que puedan entrar en contacto con ropa o superficies contaminadas.

El Real Decreto 665/1997 establece en su art. 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.



### Referencias normativas

El Real Decreto 1154/2020, que modificó 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, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo introdujo una nueva obligación al art.6 por la cual las personas trabajadoras identificadas en la evaluación de riesgos como expuestas dispondrán, dentro de la jornada laboral, del 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. Este tiempo en ningún caso podrá acumularse ni utilizarse para fines distintos.

La empresa se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que las personas trabajadoras se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin.



- 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.

## Vigilancia de la salud

Los agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos 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 sea específico 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 FDS a la unidad básica de salud (UBS).

Actualmente se dispone del protocolo elaborado por el Ministerio de Sanidad: *"Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos"* [16]. Esta guía para la vigilancia de la salud es de aplicación a las personas trabajadoras que estén expuestas a riesgos que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad profesional con agentes químicos y, en general, a quienes tengan riesgo de exposición a sustancias y mezclas, según quedan definidas en el Reglamento CLP. Este protocolo aporta un modelo de ficha y una propuesta sobre los datos que pueden incluirse en sus diferentes apartados para llevar a cabo la vigilancia específica de la salud para el agente químico en cuestión, en este caso, el acrilonitrilo.

Para determinar cómo se llevará a cabo la vigilancia específica de la salud es necesario partir del conocimiento del puesto de trabajo, que debe quedar plasmado en forma de descripción detallada en la historia clínico-laboral de la persona trabajadora. Esto quiere decir que se debe consignar qué hace la persona, dónde y cómo lo hace, qué sustancias utiliza, cuándo lo hace, durante cuánto tiempo y con qué medidas de protección cuenta, tanto colectivas como individuales [16].

La persona especialista en medicina del trabajo deberá disponer de la evaluación de riesgos, en la cual estará identificado el acrilonitrilo como

### Referencias normativas sobre vigilancia de la salud

Las actividades de vigilancia de la salud se efectuarán de acuerdo con las condiciones y características establecidas en:

- El artículo 8 del Real Decreto 665/1997.
- El artículo 22 de la LPRL.
- El Real Decreto 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

Esta 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 estos agentes.



sustancia a la que pueden estar expuestas las personas trabajadoras. Los resultados de la evaluación de riesgos deben quedar recogidos en la historia clínico-laboral de la persona trabajadora [16].

La evaluación de riesgos deberá integrar la exposición al acrilonitrilo y la información contenida en las FDS, teniendo en cuenta las características de la exposición (tiempo de exposición, toxicidad del producto, etc.), con la parte correspondiente al resto de factores de riesgo del puesto de trabajo (ritmo de trabajo, temperatura, etc.), junto con los demás elementos que puedan ser determinantes, incluyendo las características de la persona (altura de la vía respiratoria, masa corporal, sexo, edad, condiciones que pueden suponer especial vulnerabilidad, etc.) [16].

## Otras medidas preventivas

En los trabajos con riesgo por exposición a acrilonitrilo 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), entre las que resulta importante recalcar la correspondiente lista actualizada de los trabajadores encargados de realizar las actividades respecto a las cuales los resultados de las evaluaciones revelen algún riesgo para la seguridad o la salud de los trabajadores por exposición al acrilonitrilo, indicando la exposición a la cual hayan estado sometidos en la empresa, así como la obligación de conservación de los historiales médicos individuales durante 40 años después de terminada la exposición.
- Información a las autoridades competentes (artículo 10.2), de todo caso de cáncer que se reconozca resultante de la exposición a acrilonitrilo durante el trabajo.
- Consulta, información y formación a los trabajadores (artículos 11 y 12).





## Referencias

- [1] Amalia Roza Christoula, 2023. *Towards a sustainable substitute for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) in automotive industry.*
- [2] Boonruam, Patiparn et al., 2021. *Natural rubber to replace acrylonitrile butadiene styrene in polycarbonate blends and composites.*
- [3] Committee for Risk Assessment (RAC), 2018. *Opinion on scientific evaluation of occupational exposure limits for Acrylonitrile. ECHA/RAC/O-0000001412-86-188/F.*
- [4] Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022, 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.
- [5] European Chemicals Agency (ECHA), 2022. *Acrylonitrile. Brief profile.*
- [6] European Chemicals Agency (ECHA), 2022. *Guidance on Safe Use, Acrylonitrile.*
- [7] European Chemicals Agency (ECHA), 2018. *ANNEX 1. Background document in support of the Committee for Risk Assessment (RAC) evaluation of limit values for acrylonitrile in the workplace. ECHA/RAC/O-0000001412-86-188/F.*
- [8] Ghanayem BI. *NTP technical report on the toxicity studies of methacrylonitrile (CAS No. 126-98-7). Administered by gavage to F344/N rats and B6C3F1 mice. Toxic Rep Ser. 2000 May;(47):1-56, A1-E6. PMID: 11803706.*
- [9] International agency for research on cancer (IARC), 1999. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 71. Re-evaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide.*
- [10] INSST. *Base de datos INFOCARQUIM.*
- [11] INSST. *Fichas de Control de Agentes Químicos (FCAQ). Ficha guía de control 201. Campana extractora; Ficha guía de control 202. Cabina de flujo laminar.*
- [12] INSST. *Fichas Internacionales de Seguridad Química. FISQ. Acrilonitrilo.*

- [13] INSST, 2022. *Guía Técnica sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo.*
- [14] INSST, 2022. *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.*
- [15] INSST, 2024. *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.*
- [16] Ministerio de Sanidad, 2023. *Protocolización de la vigilancia sanitaria específica de las personas con riesgo de exposición laboral a productos químicos.*
- [17] Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- [18] Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo, y sus modificaciones.
- [19] Real Decreto 612/2024, de 2 de julio, 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.
- [20] 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.
- [21] Reglamento (CE) n° 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP).
- [22] Research Reports World, 2024. *Global acrylonitrile market outlook to 2026.*
- [23] Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL), 2003. *Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for acrylonitrile, SCOEL/SUM/104.*

**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.

**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>



A C . 13 . 1 . 24

NIPO (en línea): 118-22-002-4