

# NANOMATERIALES



## RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA SU MANEJO EN EL ENTORNO LABORAL

VI Plan Director de Prevención de Riesgos Laborales de  
la Comunidad de Madrid (2021-2024)

# NANOMATERIALES



**RIESGOS LABORALES  
Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN  
PARA SU MANEJO EN  
EL ENTORNO LABORAL**

**NANOMATERIALES**  
**RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN**  
PARA SU MANEJO EN EL **ENTORNO LABORAL**

**PRIMERA EDICIÓN:** DICIEMBRE 2023

**EDITA:** CCOO DE MADRID

**ELABORA:** SECRETARÍA DE SALUD LABORAL DE CCOO DEMADRID

**COLABORA:** INSTITUTO REGIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO DE LA COMUNIDAD DE MADRID

**Depósito legal:** M-35307-2023

VI Plan Director en Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid (2021-2024)

El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo colabora en la elaboración de este material en el marco del VI Plan Director de Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid 2021-2024 y no se hace responsable de los contenidos del mismo ni de las valoraciones e interpretaciones de sus autores. El material elaborado recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.

# ÍNDICE

<b>1. Presentación</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Los nanomateriales y la nanotecnología</b> .....	<b>7</b>
2.1. Nueva definición de nanomaterial .....	7
2.2. Posibles clasificaciones de los nanomateriales.....	8
<b>3. Campos de aplicación de las nanotecnologías</b> .....	<b>13</b>
<b>4. Riesgos laborales asociados a la nanotecnología</b> .....	<b>25</b>
4.1. Toxicidad de las nanopartículas .....	28
4.2. Focos de exposición laboral .....	30
4.3. Riesgos para la salud.....	31
4.4. Riesgos para la seguridad (explosión e incendios).....	33
4.5. ¿Qué se está haciendo para abordar el problema de las nanotecnologías?.....	33
4.6. Evaluación de riesgos laborales .....	34
<b>5. Control de exposición a nanomateriales</b> .....	<b>41</b>
5.1. Medidas técnicas.....	41
5.2. Medidas organizativas .....	43
5.3. Protecciones personales.....	44
5.4. Gestión de residuos.....	46
<b>6. Vigilancia de la salud y nanopartículas</b> .....	<b>49</b>
<b>7. Cómo actuar dentro de las empresas</b> .....	<b>53</b>
7.1. Los trabajadores/as y la prevención de riesgos laborales .....	53
7.2. Cómo actuar ante un accidente o sospecha de enfermedad laboral. Las Mutuas.....	56
7.3. Qué hacer si mi empresa no cumple con la Ley .....	58
<b>8. Bibliografía/Biblioweb</b> .....	<b>62</b>





## I. PRESENTACIÓN

En el ámbito de la prevención de riesgos laborales, uno de los temas que más preocupa es el de los llamados “riesgos emergentes”. Son aquellos riesgos que no existían con anterioridad, que pueden ser provocados por razones diversas como son los avances tecnológicos, y que día a día van en aumento y ocasionan cambios sustanciales en la sociedad. Precisamente, dentro de este tipo de riesgos, nos encontramos con los que pueden aparecer si estamos ante un escenario de exposición a nanomateriales.

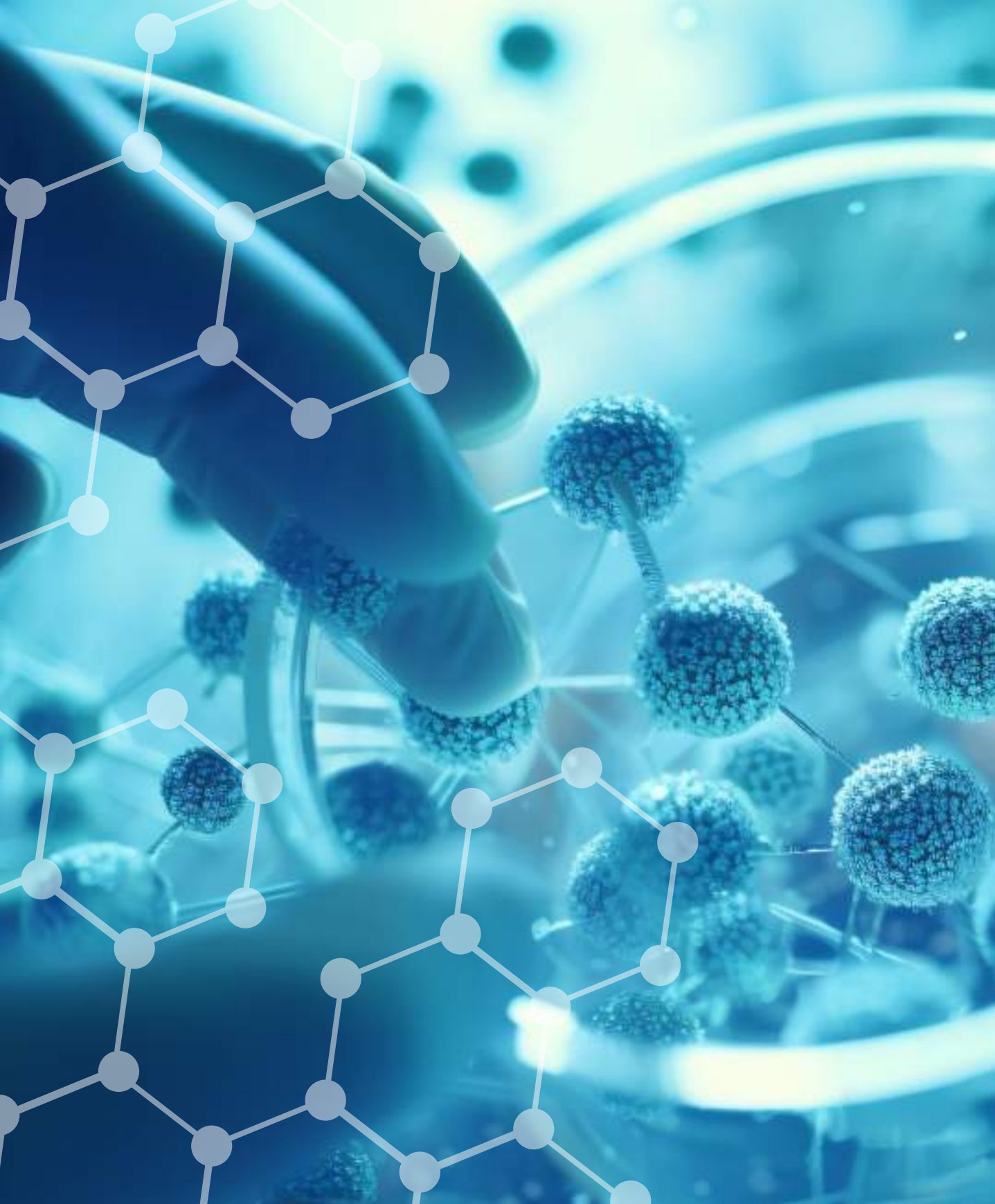
Estos nuevos materiales, con unas propiedades muy singulares, se utilizan cada vez más en campos como la ingeniería, la medicina, la farmacia, el medio ambiente, la producción de energía, etc. y cada vez hay más productos con nanomateriales en su composición, por lo que aumenta la preocupación por los posibles efectos que puedan tener sobre la salud. La realidad es que las nanopartículas están presentes ya en el medio laboral, sin que dispongamos aún del conocimiento necesario para la gestión de la prevención.

Y en efecto, uno de los mayores problemas con el que nos encontramos en la actualidad es el del gran desconocimiento de los efectos que esta nueva tecnología tiene sobre la salud de los trabajadores y las trabajadoras, y una muestra de ello es la limitada información que hay al respecto sobre los riesgos y la posible peligrosidad de estas sustancias.

No hay duda que la aplicación de la nanotecnología se puede apreciar como un campo lleno de oportunidades y que puede aumentar significativamente nuestra calidad de vida por su ámbito de aplicación, medioambiental por ejemplo, así como por la creación de nuevos puestos de trabajo. Pero no hay que olvidar que el uso de nanopartículas puede suponer un riesgo para la salud, así como para el medioambiente, que es imprescindible evaluar y controlar. Es necesaria una estrategia de utilización de nanotecnologías segura y responsable, pues hasta la fecha se están manejando nanopartículas sin la información suficiente sobre sus propiedades y sobre los riesgos que pueden llegar a suponer para la salud y seguridad de los trabajadores expuestos. Las metodologías y medidas de prevención que usamos en la actualidad pueden no ser válidas, debido a las características intrínsecas de estos nuevos productos. Por todo lo dicho, consideramos necesario realizar esta guía con el objetivo de concienciar a las personas trabajadoras, a las empresas y a la sociedad, en general, sobre un riesgo que nos rodea y que es aún muy desconocido.

**Ana Belén Casado Peñas**

Secretaria de Salud Laboral de CCOO de Madrid



## 2. LOS NANOMATERIALES Y LA NANOTECNOLOGÍA

Los nanomateriales son partículas tan pequeñas que solo pueden observarse a través de un microscopio. También debemos saber que los nanomateriales están por todas partes y se encuentran en la propia naturaleza, y además son fácilmente transportados por el viento, como el polen y la arena. Pero además, cada vez están más presentes en nuestras vidas cotidianas a través de los productos de consumo, y su pequeño tamaño les hace comportarse de forma distinta que la misma sustancia en tamaño más grande, lo que puede suponer un riesgo potencial.

Los nanomateriales son materiales que contienen partículas con una o más dimensiones entre 1 y 100 nm (nanómetros), una escala similar a la de los átomos y moléculas (1 nanómetro equivale a  $10^{-9}$  metros). Un nanómetro es la milmillonésima parte de un metro. Un cabello humano promedio tiene aproximadamente 60.000 nanómetros de espesor.

Los nanomateriales pueden ser de origen natural, como los procedentes de las emisiones volcánicas, o ser subproductos derivados de las actividades humanas, como los que contienen los gases de escape de los motores diésel. Teniendo esto en cuenta, podemos definir la nanotecnología como la ciencia que interviene en el diseño, fabricación y manipulación de la materia a escala atómica y molecular, en el rango de 1 a 100 nanómetros. Es la manipulación de la materia a una escala casi atómica para crear nuevas estructuras, materiales y aparatos.

Se trata de una tecnología que promete avances científicos aplicables a muchos sectores como la medicina, productos para el consumidor, energía, materiales, fabricación, etc. Durante los últimos años se han ido desarrollando nuevos procesos y métodos de síntesis que permiten la fabricación de materiales nanoestructurados con propiedades, características y comportamientos funcionales muy apropiados para su utilización en la producción de una gran variedad de productos en la industria de los alimentos, la construcción, la metalmecánica, la industria textil, electrónica, en el sector de la salud, y en el de energía, entre otros. La incorporación de estos nanomateriales al sector industrial y productos de consumo ha crecido exponencialmente en los últimos años.

### 2.1. NUEVA DEFINICIÓN DE NANOMATERIAL

El 10 de junio de 2022, la Comisión Europea publicó la **Recomendación 2022/C229/01, de la Comisión, de 10 de junio de 2022 relativa a la definición de nanomateriales**, mediante la que modifica la definición del término nanomateriales para los países miembros de la UE. Hasta ahora, en el conjunto de la UE existía una definición para este término, que aparecía en la Recomendación 2011/696/EU publicada en 2011 y que desde el pasado junio ha quedado obsoleta.





En esta nueva definición de los nanomateriales aparecen cambios significativos en tres puntos fundamentales:

- Por primera vez se presenta los requisitos dimensionales para nanomateriales. Es decir, se ha establecido un tamaño mínimo y máximo que permitirá diferenciarlos de otras partículas.
- En la nueva definición, los nanomateriales se limitan solo a partículas sólidas, excluyendo las partículas líquidas en emulsiones o partículas gaseosas. Y además, se considera que las moléculas individuales no son consideradas partículas.
- Se ha sustituido en la definición «contains» por «consists of», de forma que ahora el término se refiere a un material por sí mismo, no a ingredientes o partes de otros materiales. Dicho de otra manera: la Comisión Europea aclara que los nanomateriales no contienen partículas nano, sino que están formados por partículas nano.

Por lo tanto, con la recomendación de la Comisión Europea, la nueva definición puede quedar así:

Por «nanomaterial» se entiende un material natural, accidental o fabricado, constituido por partículas sólidas que están presentes individualmente o como partículas constituyentes identificables en agregados o aglomerados, y en el que el 50 por ciento o más de estas partículas en la granulometría numérica cumple al menos una de las condiciones siguientes:

- a) una o más dimensiones externas de la partícula se hallan en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm;
- b) la partícula tiene forma alargada, como la de una varilla, una fibra o un tubo, y dos de sus dimensiones externas son inferiores a 1 nm, mientras que la otra dimensión es superior a 100 nm;
- c) la partícula tiene forma de placa, y una de sus dimensiones externas es inferior a 1 nm, mientras que las otras dimensiones son superiores a 100 nm.

Para determinar la granulometría numérica no será necesario tener en cuenta las partículas con al menos dos dimensiones externas ortogonales superiores a 100  $\mu\text{m}$ . No obstante, los materiales con una superficie específica por unidad de volumen  $<6 \text{ m}^2/\text{cm}^3$  no serán considerados nanomateriales.

## 2.2. POSIBLES CLASIFICACIONES DE LOS NANOMATERIALES

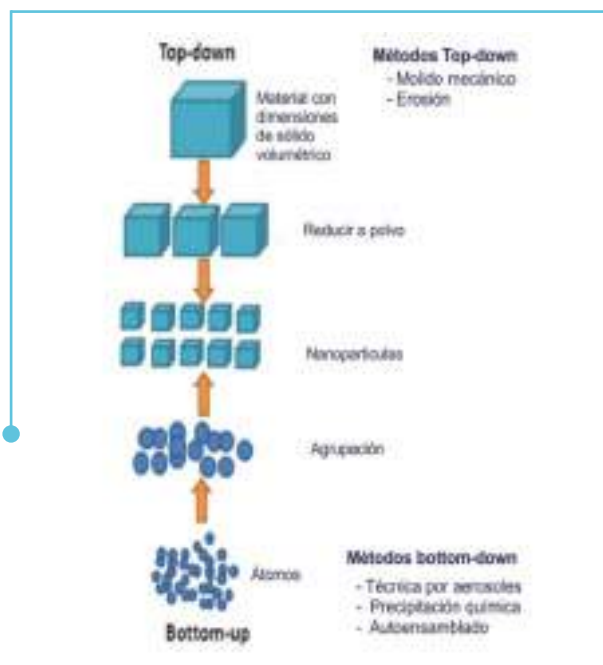
Como ya se ha adelantado antes, las nanopartículas o nanomateriales se pueden clasificar por su origen:

- **Nanopartículas de origen natural.** Algunas son de origen biológico, como es el caso de numerosos virus y bacterias. Otras son de origen mineral o medioambiental, como las que contienen el polvo de la arena del desierto, las nieblas, los humos derivados de la actividad volcánica o de los fuegos forestales.

• **Nanopartículas generadas por la actividad humana**, ya sea de forma involuntaria, o de forma deliberada. Las nanopartículas generadas de forma involuntaria son las que se producen en ciertos procesos industriales como la pirólisis, producción de materiales a gran escala por procedimientos a altas temperaturas (humos de sílice, partículas ultrafinas de óxido de titanio y metales ultrafinos), la obtención de pigmentos, en procesos de combustión (diésel, carbón) o en actividades domésticas (humos de barbacoas o de aceite). Por otro lado tenemos las nanopartículas producidas deliberadamente, y estas son las que se producen mediante la nanotecnología.

Existen dos procedimientos para obtener nanopartículas de manera artificial:

- Procedimiento **“top-down”** (de arriba abajo). Se trata de obtener nanopartículas sometiendo materiales convencionales a diversas técnicas mediante procesos de molienda del material a granel. Lo que sucede en este procedimiento es que se reducen los componentes y estructuras de mayor a menor.
- Procedimiento **“Bottom-up”** (de abajo arriba). En este caso las nanopartículas se construyen a partir de átomos y moléculas con el objetivo de crear una estructura mayor, mediante un proceso de montaje. De esta forma lo que se pretende es controlar la materia de forma más precisa.


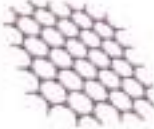


Según el medio en el que van a desarrollar sus funciones, tenemos:

- Nanotecnología seca. Sirve para fabricar estructuras en carbón, silicio, materiales inorgánicos, metales y semiconductores que no funcionan con la humedad.
- Nanotecnología húmeda. Se basa en sistemas biológicos presentes en un entorno acuoso, incluyendo material genético, membranas, enzimas y otros componentes celulares.

Otra posible clasificación es atendiendo a la estructura en la que el material se encuentre nanodimensionado. En este sentido hablamos de:

- **Cerodimensionales (0D).** Donde las tres dimensiones son menores a 100nm. Nos encontramos con nanoestructuras como el fullereno (es una molécula compuesta de carbono cuya estructura esférica es similar a la de una cúpula geodésica o un balón de fútbol), átomos, moléculas y nanopartículas de plata y oro.
- **Unidimensionales (1D).** Estructuras de tipo nanocables, nanotubos, nanofibras, nanovarillas, fibras poliméricas y nanocampanas.
- **Bidimensionales (2D).** Con una dimensión en escala nanométrica y otra en escala de las micras. Monocapas, nanorecubrimientos, películas poliméricas y películas multicapas.
- **Tridimensionales (3D).** Todas las dimensiones están a microescala, pero se consideran nanoestructurados pues están formados por bloques de construcción 0D, 1D o 2D. Policristales, nanobolas, etc.

Clasificación de Nanomateriales			
0-D	1-D	2-D	3-D
Las tres dimensiones son menores a 100 nm y los electrones están confinados en las tres dimensiones.	Das dimensiones son menores a 100 nm y los electrones están confinados en dos dimensiones.	Una dimensión es menor a 100 nm y los electrones están confinados en una dimensión.	Ninguna dimensión es menor a 100 nm y los electrones no están confinados y pueden desplazarse libremente.
EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO
			
Fullereno	Nanotubos de carbono	Grafeno	Grafito

Fuente: «Nanomateriales: Una Clasificación desde sus dimensiones» Jahaziel Amaya y William Quiroga.

Estos son algunos de los nanomateriales manufacturados más representativos:

**Nanomateriales inorgánicos no metálicos.** Los nanomateriales inorgánicos no metálicos de mayor producción son: la sílice amorfa sintética con propiedades antideslizantes y gran resistencia al rayado y a la abrasión; el óxido de aluminio, que también presenta gran resistencia al rayado y a la abrasión; el dióxido de titanio, utilizado por sus propiedades eléctricas, fotocatalíticas, de protección frente a radiación ultravioleta y por su actividad antimicrobiana; el óxido de cerio utilizado por sus propiedades ópticas; y el óxido de cinc, empleado por sus propiedades filtrantes de la luz ultravioleta y antimicrobiana.

**Metales y aleaciones.** La mayoría de los metales y sus aleaciones pueden producirse en dimensiones nanométricas (por ejemplo, nanohilos, nanopartículas), siendo las de oro, las de plata y las aleaciones de platino y paladio las de mayor producción. Todos ellos con una elevada actividad catalítica, propiedades antimicrobianas, fototérmicas, fotoeléctricas y ópticas.

### **Nanomateriales con base de carbono.**

- **Fullerenos.** Son materiales químicamente estables e insolubles en disoluciones acuosas.
- **Grafeno.** Es un material muy ligero y resistente a las radiaciones ionizantes.
- **Nanotubos de carbono.** Son materiales química y térmicamente muy estables, que presentan una elevada elasticidad, conductividad eléctrica y térmica, alta relación resistencia-peso y baja densidad. Además presentan una gran resistencia a la deformación y al estiramiento.
- **Nanofibras de carbono.** Tienen una elevada conductividad eléctrica y resistencia al fuego.
- **Negro de humo.** Es prácticamente carbono puro elemental en forma de partículas que se producen por combustión incompleta o descomposición térmica de los hidrocarburos en condiciones controladas. Presenta una elevada conductividad y resistencia mecánica.

**Nanopolímeros y dendrímeros.** Las propiedades de algunos tipos de nanopolímeros cambian en función de las condiciones ambientales. Los dendrímeros son macromoléculas de tamaño nanométrico que se caracterizan por tener una estructura ramificada tridimensional compuesta por un núcleo, unas ramificaciones que forman la matriz dendrítica y la periferia constituida por un gran número de grupos funcionales. Al igual que los nanopolímeros, poseen una superficie específica alta.

**Puntos cuánticos.** Los puntos cuánticos son nanocristales de materiales semiconductores con tamaños de 2 nm a 10 nm. Estos nanocristales son semiconductores con propiedades electrónicas, ópticas, magnéticas y catalíticas.

**Nanoarcillas.** Las nanoarcillas son materiales cerámicos de silicatos minerales en forma de láminas, con una alta resistencia mecánica y efecto barrera frente a la humedad y el oxígeno. Pueden existir de forma natural o ser sintetizadas para que tengan propiedades específicas.





## 3. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

La evolución actual de la nanotecnología y de la nanociencia depende en gran parte de los posibles avances que puedan darse en la ciencia, la medicina, la ingeniería, la química y la física. Pero lo que sí se puede afirmar es que la nanotecnología está en una fase de crecimiento constante y casi a diario se descubren nuevas aplicaciones.

Todos tenemos claro las numerosas aplicaciones de la nanotecnología, desde la industria más innovadora y vanguardista hasta los productos de consumo más comunes y al alcance de todos. Pero además, la nanotecnología tiene una capacidad de personalización inimaginable, adaptándose a las necesidades de cualquier posible aplicación ayudando a solucionar muchos problemas y necesidades cotidianas. Por lo tanto podemos afirmar que la nanotecnología es el motor principal de la nueva y cada vez más próxima revolución industrial.

Repasemos ahora algunas de las posibles aplicaciones:

### • Medicina y Salud.

El tamaño con el que se trabaja en la nanotecnología es el indicado para el campo de física y química aplicada a la biotecnología, por lo que ha surgido una nueva disciplina, la nanobiotecnología. Gracias a esas novedosas técnicas ya se puede descifrar y codificar nuestra información genética y biológica, aportando conocimientos que hasta ahora se desconocían y que son fundamentales para la salud.



Ya es posible la medicación “a la carta” mediante los nanofármacos con una considerable reducción de posibles efectos secundarios y aumentando todo su potencial en el área o zona a la que se quiera combatir. Pero todavía es mucho más importante su capacidad para la diagnosis precoz pues tienen la capacidad de encontrar enfermedades a nivel celular, neutralizándolas de manera precoz, eliminando así cualquier tipo de daño. Actualmente muchos se atreven a decir que la nanotecnología promete ser uno de los principales mecanismos que logre combatir y erradicar el cáncer.

Pero la nanobiotecnología no se queda ahí, pues llega hasta los terrenos de la terapia celular, posibilitando la regeneración en tejidos dañados y favoreciendo la compatibilidad de órganos, con lo que se evita el posible rechazo tras los trasplantes.

La fotónica es otro campo de aplicación, y esta se usa en láseres para cirugía ocular, comúnmente necesarios en personas mayores, en sensores para diagnóstico médico, terapia y sistemas para la vida independiente.

#### • **Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC).**

Actualmente las necesidades de interconexión entre las personas cada vez son más importantes, y se buscan conexiones más rápidas, estables y accesibles. La nanotecnología permite fabricar componentes de dispositivos a escala microscópica contribuyendo así a miniaturizar los componentes internos de los equipos, como por ejemplo los “smartphones”. Esto permite emplear un mayor número de componentes y funcionalidades en los dispositivos, mejorando sus características, aumentando la capacidad de procesar y/o almacenar más datos, incrementando la velocidad y mejorando el rendimiento.



La nanotecnología es capaz de contribuir en dichas mejoras mediante revestimientos, partículas y películas y nuevas tecnologías. También es relevante en el contexto de la nanotecnología la nueva capacidad para explotar el potencial de la computación cuántica y la electrónica orgánica dentro de las TIC.

### • Transporte.

Las posibles aplicaciones de la nanotecnología en el sector del transporte permitirán realizar mejoras en términos de seguridad, economía, durabilidad, sostenibilidad e impacto medioambiental. Permitiendo así crear medios de transporte y vehículos mucho más ligeros, con considerable reducción de emisiones contaminantes o incluso nula, mucho más seguros y con una tasa de reciclaje muy alta.

Actualmente se usan en la fabricación de estructuras, con aleaciones más ligeras y resistentes para elementos como el chasis y la fabricación de motores, aumentando la rigidez torsional (resistencia del chasis ante las posibles deformaciones), con el consecuente aumento de la durabilidad, comodidad, rendimiento y seguridad del vehículo.



También se están introduciendo en la fabricación de los neumáticos, logrando mejorar la adherencia incluso en ambientes húmedos o condiciones extremas, y en la resistencia a los golpes y abrasiones como los producidos por los roces contra bordillos que dañan el compuesto. Se llega incluso a apartado del reciclaje, pues algunas nanopartículas presentes en el caucho, que no se degradan naturalmente, pueden ser utilizadas para la producción de tableros y materiales de construcción con propiedades muy similares a la de los neumáticos como la impermeabilidad, resistencia al fuego y a la luz ultravioleta, etc., propiedades estas que abren un nuevo escenario en el sector de la construcción.

Se emplean también para la elaboración de superficies multifuncionales del interior de los vehículos, para así mejorar el confort de los pasajeros. Se introducen nanomateriales que absorben los posibles impactos, además de ser ignífugos. La gran dureza y resistencia a la abrasión y corrosión son también cualidades de estos compuestos que hacen mejorar todos los habitáculos.



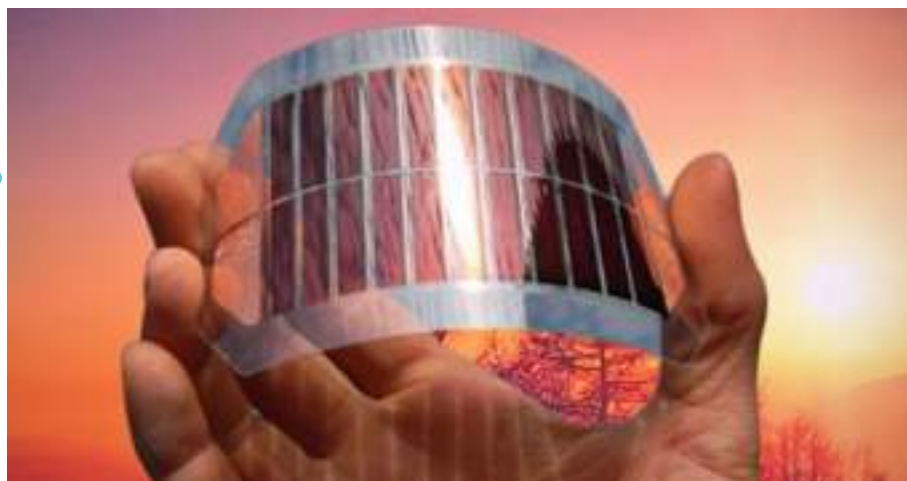
Otra aplicación es la elaboración de sensores y otro tipo de ayudas a la conducción. Sensores con cámaras más potentes que capten todas las variables del medio, equipos de procesado de información mucho mayor que la de cualquier ser humano, software capaz de canalizar toda esa información y aplicarla de forma correcta, etc. aumenta la seguridad activa de los automóviles. La nanotecnología va unida a la conducción autónoma y semiautónoma, elementos que ya se están introduciendo en el mercado, u opciones como las incluidas en todos los coches nuevos, como los asistentes y alertas de cambio de carril, controles de cruce adaptativos, etc.

### • Energía y Medio Ambiente.

La nanotecnología tiene un enorme potencial para contribuir a la sostenibilidad energética, ya que se está aplicando en materiales que actualmente se emplean en la producción y almacenamiento de la energía, mejorando así el rendimiento y la eficiencia, controlando sus propiedades químicas, eléctricas y ópticas.

Se está plasmando en las energías renovables principalmente mejorando la eficiencia en la captación de la energía solar por parte de las células fotovoltaicas. De esta forma, se están aprovechando longitudes de onda que hoy en día no son aprovechables, como la radiación ultravioleta o infrarroja, imperceptibles para el ser humano, pero sí muy dañinas en el caso de la radiación ultravioleta.

También se usa para la mejora de la reflexión en los heliostatos (espejos) de las centrales termo-solares, aumentando la concentración de los rayos solares, y por ello la temperatura a alcanzar en donde se concentran los rayos solares en la torre receptora.

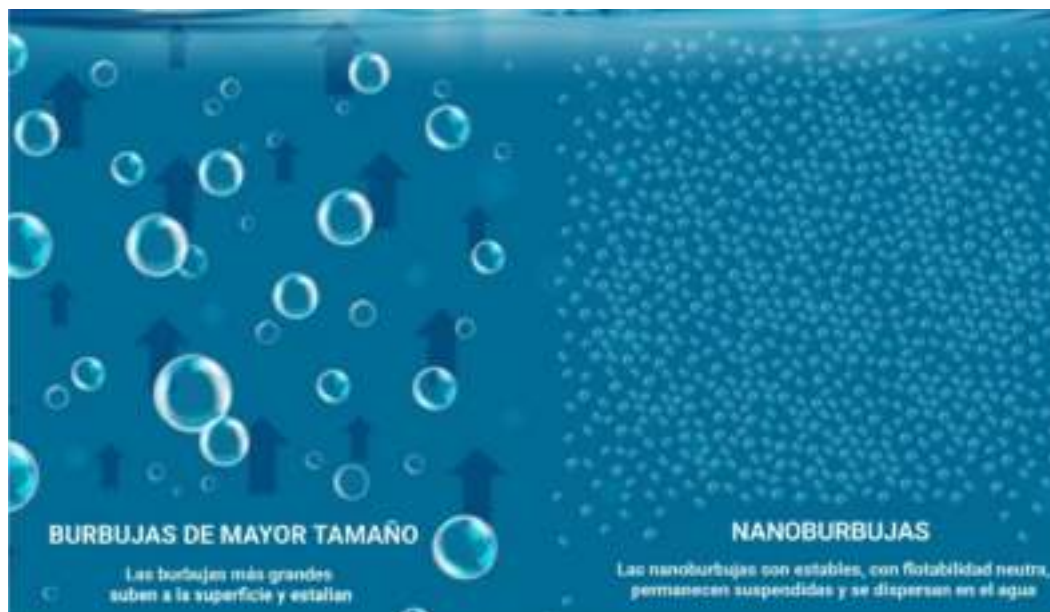


### • Hidrógeno y pilas de Combustible.

Junto al descubrimiento de nuevos nanomateriales, se ha encontrado una enorme fuente de materiales catalíticos (elemento capaz de acelerar o retardar una reacción química sin perder materia o modificar su estructura molecular), comúnmente empleados para la obtención de combustibles en estado líquido, de agua potable, y para la propulsión de vehículos, generando muy bajas emisiones al medio ambiente.

También se aplica en la mejora del almacenamiento y transporte de energía. Por ejemplo, para almacenar el hidrógeno son necesarios grandes tanques que logren soportar presiones muy altas, además de tener la propiedad de ser ignífugos y muy resistentes a los golpes y posibles perforaciones. El almacenamiento de energía eléctrica ha logrado ser también más económico y sencillo gracias a la aparición de nuevas baterías basadas en grafeno.

Otro mercado potencial de la nanotecnología en el campo del medio ambiente se centra en la remediación del suelo, del agua y del aire, posibilitando la puesta en práctica de un conjunto de medidas correctoras que los devuelva a su estado inicial o al menos a aquel que no suponga un posible riesgo para la salud humana o de los ecosistemas.



### • Construcción.

Gracias a la nanotecnología, el sector de la construcción podrá hacer frente a una amplia gama de desafíos. Los nuevos materiales tendrán propiedades mejoradas sobre los materiales convencionales, aumentando la eficiencia energética (en la fabricación y el uso) y ayudando a abordar los aspectos ambientales y de seguridad.

Actualmente los nanomateriales se pueden encontrar en muchos materiales de construcción ordinarios y productos como el cemento, mortero y hormigón, pinturas, revestimientos, materiales aislantes y vidrio; y dotan a estos materiales de ligereza, resistencia y durabilidad, además de ser más respetuosos con el medio ambiente. Las nuevas construcciones y edificaciones tendrán numerosas mejoras, como superficies autolimpiables y antimicrobianas, contarán con un aislamiento mucho más eficiente y quizás con materiales autorreparables.



En la cerámica la nanotecnología permite lograr unas propiedades especiales, como alcanzar una mayor cantidad de temperatura, efecto antideslizante e imposibles de rayarse. Estas nuevas cualidades pueden ser útiles para su uso industrial y aeroespacial, en beneficio de una mayor higiene y resistencia a temperaturas extremas.

### • Industria y fabricación.

Los nanomateriales se emplean para la fabricación y para el control de la fabricación a escala nanométrica (por ejemplo, herramientas de litografía e impresión y para herramientas de nanoposicionamiento) o para la medición a nanoescala (por ejemplo, microscopios de fuerza atómica).

La nanofabricación se puede considerar como el componente básico para la elaboración de productos de alto rendimiento que normalmente están asociados con una amplia gama de industrias que se relacionan estrechamente con los retos sociales actuales, como la aeroespacial y de defensa, la automoción y el transporte, las tecnologías de la información y la comunicación, la energía y la salud.



### • Alimentos y bebidas.

En el sector agroalimentario, la nanotecnología se encuentra aún en una fase muy incipiente; no obstante, ya es posible vislumbrar su extraordinario impacto en la industria alimentaria moderna debido a sus numerosas y diversas aplicaciones, entre las que destacan, por su interés, las siguientes:

- Asegurar la calidad y la seguridad alimentaria mediante el uso de biosensores que realicen un análisis de la composición, estimación de la vida útil y fresca de los alimentos.
- Control de procesos.
- Envases activos, nanoenvases, nanoetiquetado, etc.
- Desarrollo de nuevos alimentos (nanoalimentos y "gastronomía molecular").
- Alimentos interactivos, alimentos funcionales, alimentos más saludables, nutritivos y/o con mejores características.

También tiene su aplicación en la agricultura. Se está investigando en el desarrollo de herramientas para mejorar la capacidad de las plantas a la hora de absorber nutrientes del suelo y para el aumento de las cosechas.

También en la utilización de nanosensores que detecten de forma rápida la presencia de patógenos en las plantas y controlar las condiciones del suelo.

Asimismo se está trabajando para su aplicación en la purificación de aguas con el objetivo de eliminar virus, bacterias y protozoos presentes en la misma. Además, esta tecnología ha revolucionado el campo de los fitosanitarios y se está utilizando para desarrollar fitosanitarios en forma de nanopartículas que permitan una absorción más eficiente por parte de las plantas.

Mediante la aplicación de la nanotecnología se podrán personalizar los alimentos en función de las preferencias del consumidor, de sus necesidades nutritivas y de sus alergias. Por ejemplo, será aplicada para liberar la cantidad necesaria de calcio de los alimentos en consumidores con osteoporosis.



En la actualidad, se están desarrollando sistemas de “envasado inteligente” que mejoren la protección de la comida y el rastreo de un alimento (trazabilidad del mismo). El uso de la nanotecnología permitirá que los alimentos se mantengan frescos durante más tiempo gracias a materiales de envasado más ligeros y flexibles con mayor resistencia al calor, la luz, los daños mecánicos o de otro tipo, y materiales capaces de absorber el oxígeno y la humedad. El objetivo es que las nanopartículas, con propiedades antimicrobianas y repelentes de la suciedad, se apliquen de forma generalizada a los materiales de envasado y a las máquinas utilizadas para producir alimentos.

Otra idea innovadora es el uso de “nanosensores” para detectar agentes químicos que se producen cuando un alimento empieza a deteriorarse. El envase cambiará de color para avisar al consumidor del deterioro o la contaminación.

Mejorar la seguridad de los alimentos mediante la aplicación de la nanotecnología es uno de los principales objetivos que persiguen los investigadores en la actualidad. Sin embargo, por el momento, el principal uso de la nanotecnología en la alimentación es con el fin de adicionar en los alimentos compuestos saludables o en la conservación de los mismos.

### • Sector textil.

Mediante la nanotecnología, el sector textil puede encontrar un valor añadido que mejore las cualidades del producto. Gracias a propiedades como la impermeabilidad completa, resistencia al fuego y a altas temperaturas, así como la dificultad para arrugarse hacen que los compradores se orienten hacia este tipo de productos, que generarán mayor rentabilidad gracias a su gran diferenciación.

Algunas de las características que se le pueden dar a los textiles son las siguientes:

- **Actividad antimicrobiana.** Evitando el crecimiento de microorganismos en telas que provocan olores desagradables, decoloración e infecciones en los usuarios. Por ello, las nanopartículas de plata (AgNPs) y óxido de zinc (ZnO) son una solución viable para incorporar en telas, ya que presentan actividad antibacterial.
- **Propiedad autolimpiante.** La ropa se ensucia con el tiempo y el uso, creciendo bacterias en su superficie, por ello, durante mucho tiempo se han buscado textiles con propiedad autolimpiante. Estos son aquellos que pueden limpiarse por sí solos, ya que previenen la suciedad y actúan como desinfectantes. Con esto se podría ahorrar agua, detergente y energía, al no ser necesario un lavado constante.
- **Materiales reguladores de temperatura.** Muy convenientes en lugares en los que hay grandes cambios de temperatura, y donde sería eficiente tener una prenda que calentara cuando hace frío y sea fresca para el calor. Esta tecnología ya existe y son hilos de triacetato de celulosa.
- **Textiles hidrofóbicos.** Lo que hacen es repeler el agua para evitar que las prendas se mojen.



### • **Cosmética.**

La aplicación de la nanocosmética consiste en la adición de nanopartículas en los productos cosméticos clásicos para mejorar sus propiedades y estabilidad, ya que estos nanomateriales tienen una estructura peculiar. Para ello, la **dermocosmética** se vale de la nanotecnología con el objetivo de aislar y preparar los principios activos cosméticos en geles, cremas, perfumes o lociones, entre otros productos.

Mediante la aplicación de nanomateriales en los cosméticos se puede controlar la velocidad con la que son liberadas las sustancias activas y la profundidad de la penetración en la dermis.

Los más destacados en este campo son:

- **Liposomas:** partículas que consiguen que las sustancias que repelen el agua queden atrapadas en su interior, haciendo de este nanomaterial un vehículo ideal para transportar sustancias de cualquier tipo.
- **Niosomas:** presentan una estructura parecida a la de los liposomas y se emplean para liberar sustancias o como una barrera protectora. Mejoran la capacidad de absorción de los productos cosméticos, facilitan la penetración de éstos en la piel o aumentan su estabilidad.
- **Filtro de radiación ultravioleta:** en este nanomaterial las partículas más presentes son las de dióxido de titanio y el óxido de zinc, que se utilizan como filtros ultravioleta para algunos productos cosméticos.









## 4. RIESGOS LABORALES ASOCIADOS A LA NANOTECNOLOGÍA

Ya hemos visto que la nanotecnología, como nuevo campo tecnológico, tiene unas ilimitadas posibilidades de aplicación, y por lo tanto se nos presentan nuevos retos en el campo de la prevención de riesgos laborales donde poder comprender, estudiar, analizar y gestionar los posibles riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores en contacto con las mismas.

Estos nuevos materiales, a escala nanométrica, poseen un comportamiento diferente a otros materiales conocidos hasta el momento, ya que poseen propiedades fisicoquímicas distintas, por lo que nos encontramos con una posible fuente de riesgo, con la característica de que por ahora muchos de sus comportamientos son impredecibles. Además, el uso de nanomateriales sintéticos y naturales modificados puede plantear un riesgo para la seguridad y salud del trabajador/a, pero también para el medio ambiente.

Desde la perspectiva de los riesgos laborales, el trabajo con nanomateriales debe de ser tratado como si trabajamos con cualquier agente químico, y desde esta visión debemos tener presente que puede tener consecuencias para la salud y la seguridad de los trabajadores y trabajadoras que los manipulan. En primer lugar, para los investigadores que experimentan y/o descubren los nuevos productos y sus propiedades, pasando por los trabajadores/as de las industrias manufactureras que los usan para hacer nuevos productos de consumo o para incorporarlos a otros nuevos, y terminando por los que están expuestos durante su ciclo de vida y durante el desecho final de los mismos.

Como ya sabemos, el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales obliga al empresario a realizar una evaluación de riesgos, y si el resultado de esta pusiera de manifiesto algún riesgo para la seguridad y salud de los operarios/as, realizar las actividades preventivas necesarias para eliminar, reducir y/o controlar este riesgo.

Por otro lado, en la definición incluida en el RD 374/2001 de agentes químicos no hay ninguna diferenciación de tratamiento de sustancias químicas en función del tamaño de partícula, por lo cual los nanomateriales estarían incluidos dentro de su ámbito de aplicación.

Por lo tanto, para abordar la gestión del riesgo por exposición a nanomateriales, con el objetivo final de llegar a una situación segura para los trabajadores/as, será necesario:

1. Identificar los riesgos.
2. Hacer una evaluación de los que no se puedan evitar.

**3.** Planificar la actividad preventiva, actuando primero sobre el foco emisor, después sobre el posible medio de transmisión y finalmente sobre el trabajador/a.

Recordemos que para la identificación del riesgo por exposición a cualquier agente químico en general disponemos de la siguiente información:

- 1.** La etiqueta de los productos, donde podemos ver los diferentes pictogramas, indicaciones de peligro (frases H) y consejos de prudencia así como otros datos que deben aparecer en los envases de los productos químicos.
- 2.** La ficha de datos de seguridad (FDS), que proporciona información complementaria a la de la etiqueta y permite tomar las medidas necesarias para la protección de la salud, la seguridad y el medio ambiente en el lugar de trabajo.

**En este sentido, y con el objetivo de mejorar la información acerca de los nanomateriales, reseñar que la Comisión Europea publicó el Reglamento 2020/878, donde se establecían nuevos requisitos sobre el contenido de las Fichas de Datos de Seguridad, y que sería de aplicación a partir del 1 de enero de 2021.**

**Con esta modificación, los contenidos de las 16 secciones del Anexo pasan a ser más exhaustivos e introducen nuevos factores a tener en cuenta, como son el identificador único de la fórmula, las nanoformas o sustancias que incluyen nanoformas, y también las posibles propiedades de disrupción endocrina de las sustancias.**

Pero en concreto, en la manipulación de nanomateriales podemos distinguir y hablar de dos posibles efectos para la salud:

- **Efectos conocidos.** Es decir, los producidos por la misma cantidad de material a escala superior.
- **Efectos específicos.** Nos referimos a los producidos por sus nuevas propiedades, como por ejemplo el tamaño, la forma y la reactividad. Esto influirá en que pueden hacer variar la intensidad de los riesgos ya conocidos y/o añadir otros nuevos.

Seguimos añadiendo dificultades cuando se trata de evaluar el riesgo de la exposición a nanomateriales:

- No se dispone de una clasificación específica y armonizada para los nanomateriales según el Reglamento CLP y por lo tanto no hay pictogramas específicos de peligrosidad para estos materiales, tampoco frases H

ni indicaciones de peligro específicas. Por lo tanto, se registrarán por lo que ya existe, es decir, si presentan un efecto "X" aparecerá la H que corresponda a dicho efecto.

- En la mayoría de las Fichas de Datos de Seguridad de los productos no aparece la especificación de que nos encontramos ante un nanomaterial ni de sus propiedades fisicoquímicas, ni de los posibles efectos para la salud. Con la modificación de la normativa antes reseñada, ahora sí que debería de aparecer (**Reglamento UE 2020/878**).
- No existen límites de exposición de referencia específicos para los nanomateriales, y los límites del mismo material a escala micro o macro no se pueden utilizar, ya que probablemente su toxicidad variará según las nuevas propiedades.
- Debido a la gran diversidad de tipos de productos y la falta de consenso en la propia definición de nanomaterial, no se dispone de métodos consensuados y estandarizados para su medición en los puestos de trabajo.
- Se sabe que la superficie de las nanopartículas está directamente relacionada con la posible toxicología. Esto supone un cambio sustancial en la forma de realizar las mediciones tradicionales donde se miraba la concentración del agente químico por metro cúbico de aire, para así poder evaluar el riesgo de exposición.

Como podemos observar, estamos ante importantes vacíos de conocimiento sobre estos nuevos productos, lo que dificulta enormemente la evaluación del riesgo. Por este motivo se hace necesario aplicar el **PRINCIPIO DE PRECAUCIÓN**, que aconseja:

*"Cuando una actividad amenace con daños para la salud humana o el medio ambiente, deben tomarse medidas precautorias aun cuando no haya sido científicamente determinada en su totalidad la posible relación de causa y efecto. En este contexto, a quien propone una actividad le corresponde la carga de la prueba, y no a la gente. El proceso de aplicación del principio de precaución debe ser transparente, democrático y con obligación de informar, y debe incluir a todas las partes potencialmente afectadas. También debe involucrar un examen de la gama completa de alternativas, incluyendo la no acción<sup>1</sup>".*

La aplicación de las medidas preventivas se hará priorizando las acciones sobre el agente químico y en segundo lugar las medidas de tipo colectivo siempre por delante de las de protección individual. A modo de ejemplo, el contenido de esta tabla puede servirnos como lista no exhaustiva de medidas preventivas que se pueden aplicar en situaciones de exposición a nanomateriales:

<sup>1</sup> Declaración de Wingspread (Winsconsin), enero de 1998, recogida en "El principio de precaución ante la incertidumbre científica".

Medidas preventivas para la exposición a nanomateriales	
Medidas sobre el Agente Químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución del agente peligroso.</li> <li>• Reducción de utilización a cantidades mínimas.</li> <li>• No usar polvo, mejor medio líquido o geles.</li> <li>• Limitar o cerrar procesos que generen aerosoles.</li> </ul>
Medidas de tipo colectivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de sistema cerrado o con extracción localizada.</li> <li>• Utilización de filtros HEPA.</li> <li>• Manipulación en salas de depresión.</li> </ul>
Medidas sobre el trabajador/a	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección respiratoria con filtros de partículas tipo P3.</li> <li>• Protección ocular/gafas con protección lateral.</li> <li>• Ropa de protección adecuada y doble guante.</li> <li>• Formación e información.</li> </ul>
Medidas de tipo organizativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orden y limpieza (aspiración con filtros HEPA y sistemas de limpieza húmeda).</li> <li>• Almacenamiento de nanomateriales y los residuos en envases adecuados, cerrados y debidamente etiquetados.</li> </ul>

#### 4.1. TOXICIDAD DE LAS NANOPARTÍCULAS

Ya nos ha quedado claro que la capacidad de los nanomateriales de ofrecer diferentes o nuevas propiedades, a diferencia de los mismos materiales a tamaño habitual, es una gran ventaja, pero a la vez aparecen nuevos riesgos, en su mayoría desconocidos.

Una de las cuestiones que los científicos tratan de averiguar es si los nanomateriales entran y permanecen en el organismo y se acumulan con el tiempo, o si se excretan o se digieren. No es una tarea sencilla.

El cambio de las propiedades físicas de los materiales, al pasar a la escala nanométrica, modifica también sus propiedades toxicológicas, y esto puede provocar o bien que sean igual de perjudiciales, o aumentar esta peligrosidad. Nos encontramos entonces con otra incertidumbre, y es que no podemos fiarnos de las propiedades toxicológicas de las partículas a tamaño normal para extrapolarlo a las nanopartículas.

El diminuto tamaño de los nanomateriales hace que nos enfrentemos a nuevos riesgos que pueden suponer una mayor toxicidad para las personas y mayores peligros para el medio ambiente. Pueden llegar a interactuar con biomoléculas dentro de nuestro cuerpo y podrían moverse por el interior del cuerpo humano y de otros seres vivos, pasando a la sangre y entrando en órganos como el hígado, el cerebro, el corazón, y posiblemente al feto en mujeres embarazadas, incluso atravesar membranas celulares. Si nos referimos a las nanopartículas insolubles, reseñar que estas pueden permanecer en el organismo por largos períodos de tiempo.

Repasemos ahora cuáles son las posibles vías de entrada al cuerpo humano:

- **Vía inhalatoria.** Sin lugar a dudas, la vía de entrada al organismo más frecuente y la más importante en exposiciones laborales a nanopartículas. Los nanomateriales inhalados, dependiendo de su tamaño, forma y composición química, pueden llegar a penetrar y depositarse dentro de los múltiples compartimentos del aparato respiratorio. Volvemos a hacer hincapié en que hay que tener en consideración que materiales que no son tóxicos a escalas normales pueden llegar a serlo si se inhalan en forma de nanopartículas.

Una vez absorbidos por vía inhalatoria, las nanopartículas seguirán el siguiente proceso:

**Distribución y traslocación a través de la sangre, la linfa o el sistema nervioso.** La sangre distribuye el tóxico por el organismo, y esta distribución es más rápida en órganos donde el flujo sanguíneo es más elevado como los pulmones, riñones, cerebro o hígado.

**Traslocación.** Es una propiedad específica de este tipo de partículas tan pequeñas, y es el proceso mediante el cual las nanopartículas atraviesan las barreras biológicas y pueden aparecer en otras partes del organismo distintas de las de entrada, manteniendo todas sus propiedades y toxicidad.

**Biotransformación.** En ocasiones las sustancias inhaladas son eliminadas sin sufrir ninguna transformación, pero lo más normal es que las partículas se transformen para facilitar su eliminación, modificando la estructura química de la nanopartícula consiguiendo que sea más soluble en agua y reduciendo su toxicidad. Pero en ocasiones se puede producir todo lo contrario y que la biotransformación derive en una sustancia más tóxica que la absorbida en origen.

**Acumulación.** La acumulación de partículas en los tejidos u organismos supone siempre una prolongación de sus efectos tóxicos dentro del cuerpo humano. Algunas sustancias se eliminan totalmente

del organismo en cuanto cesa la exposición, pero en cambio la eliminación de otras partículas es nula o muy lenta, y esto provoca que se acumulen en el organismo.

**Eliminación.** Esta eliminación puede ser total o parcial.

- **Vía dérmica.** Hay partículas que, por su tamaño o por sus propiedades de volatilidad y de solubilidad en agua o en grasa, pueden penetrar a través de la piel cuando se manipulan. Mucho cuidado con las posibles heridas en la piel, pues la entrada en el organismo es mucho más fácil.
- **Vía digestiva.** Normalmente la penetración en el organismo a través de la vía digestiva viene acompañada por unas malas prácticas de higiene. Comer, beber o fumar en el puesto de trabajo, o no eliminar como es debido mediante una correcta higiene los restos de sustancias al acabar la jornada de trabajo o hacer el descanso para las comidas, comer, puede acelerar la entrada del contaminante por este camino.

## 4.2. FOCOS DE EXPOSICIÓN LABORAL

La exposición laboral a los distintos materiales nanotecnológicos puede darse durante su fabricación, incorporación a otros materiales o productos, ya sean intermedios o finales, en su utilización, ciclo de vida y desecho de los mismos.

### Fabricación y manufactura del nanomaterial

A lo largo del proceso de desarrollo e investigación del producto se deben de respetar todas las medidas de prevención indicadas, imperando el principio de precaución en todo momento. Aún así, la posible exposición puede ocurrir por formación de aerosoles o pulverizaciones, momento en que el trabajador/a se puede exponer a una posible inhalación o contacto por diversas vías (ocular, dérmica, etc.). Se debe de prestar mucha atención en la limpieza de los equipos utilizados, así como la limpieza y recogida de los posibles derrames, bien de forma líquida o en forma de "polvo" que se puedan producir. Si hablamos de manipulación de materiales en forma de polvo debe de extremarse la precaución en las tareas de pesaje, envasado y manipulación del mismo.

### Uso en productos finales o intermedios e incorporación a otros procesos

Los riesgos son muy similares a los presentados en la fabricación y manufactura del nanomaterial. Una vez más, el mayor riesgo para el trabajador/a pasa por el proceso de manipulación de materiales conformados por partículas con alta posibilidad de suspensión. Si además, estos nanomateriales son mezclados en tolvas y mezclados con otros ingredientes, pueden entrar en contacto con el operario/a más fácilmente.

Procesos como la molienda o tamizado entrañan también muchos riesgos, ya que se reduce considerablemente el tamaño de los nanomateriales, facilitando así su posible suspensión en el aire.

### Operaciones de mantenimiento y limpieza

Sin duda hay que extremar la precaución en los trabajadores que realicen las diversas tareas de mantenimiento y limpieza de los instrumentos o utensilios implicados en cualquier proceso de manipulación o modificación de nanomateriales. El riesgo se presenta con residuos o restos de productos utilizados a lo largo del proceso de producción como silos, tolvas, instrumentos de pesaje, cortes y pulidos contaminados por nanomateriales, entre otros.

### Eliminación, reciclaje y desecho de residuos

Cuando los productos necesitan ser desechados, ya sea porque haya llegado a la finalización de su periodo de vida útil o por cualquier otra circunstancia, deben de ser tratados acorde a la legislación pertinente. En la actualidad, los materiales que contengan nanomateriales son tratados como residuos potencialmente peligrosos (residuos peligrosos), debiendo de ser desechados conforme a la legislación aplicable en aquellos residuos. Esto incluye a los posibles elementos contaminados con nanomateriales, como pueden ser los equipos de protección individual de los trabajadores.

Se deduce que los efectos producidos por los nanomateriales están sujetos a un constante cambio y evolución, por lo que se requiere de constantes investigaciones en vistas a la no certeza sobre los efectos reales que tienen para la salud tanto de trabajadores/as y personal en contacto con los mismos.

### 4.3. RIESGOS PARA LA SALUD

Estamos ante un nuevo material, por lo que los datos científicos de los efectos sobre la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras son, en general, muy escasos. Por ello, y dados los conocimientos existentes, lo primero a tener en cuenta es si la partícula nanométrica supone un riesgo diferente al de las partículas de la misma composición de tamaño no nano.

En este sentido, hay que resaltar que conforme disminuye el tamaño de las partículas, aumenta el área superficial específica y por tanto su reactividad. Debido al aumento de esta, las partículas de tamaño nanométrico pueden ocasionar en el organismo efectos adversos para la salud diferentes a los ocasionados por las partículas de tamaño no nano a igual composición química, ya que pueden interactuar en el organismo de forma diferente. Asimismo, el tamaño de partícula puede afectar a los riesgos para la seguridad, en especial a los riesgos de incendio y explosión, de los que hablaremos más adelante.

**Los riesgos asociados a los nanomateriales van a estar principalmente relacionados con el tamaño y la forma de partícula.**





Los efectos toxicológicos de los nanomateriales en el organismo dependen principalmente de los siguientes factores:

1. Factores relacionados con la exposición: vías de entrada en el organismo, duración y frecuencia de la exposición y concentración ambiental.
2. Factores relacionados con el trabajador/a expuesto: susceptibilidad individual, actividad física en el lugar de trabajo, lugar de depósito y ruta que siguen los nanomateriales una vez que penetran en el organismo.
3. Factores relacionados con los nanomateriales: toxicidad intrínseca del mismo.

Y el recorrido que tienen las partículas nanométricas en el organismo es:

- Absorción de las partículas mediante inhalación, contacto con la piel o ingestión.
- Distribución en el organismo.
- Metabolización.
- Eliminación total o parcial por diferentes vías.

Hay que tener en consideración que la distribución a los distintos órganos puede verse afectada por una propiedad específica y exclusiva que presentan algunos nanomateriales denominada "translocación", que es la capacidad de atravesar las barreras biológicas sin perder su integridad. Por este motivo, a través de los vasos linfáticos, los vasos sanguíneos y los nervios sensoriales, los nanomateriales pueden alcanzar diferentes partes del cuerpo a las que no tendrían acceso partículas de un mayor tamaño.

Los datos disponibles sobre la incidencia de los nanomateriales sobre la salud humana son muy limitados. Incluso las simulaciones y estudios realizados sobre animales no permiten una extrapolación de los resultados a la incidencia en humanos. Lo que sí se ha observado en este campo es que en estudios in-vitro realizados con animales manifiestan la posibilidad de un funcionamiento anormal de diversos órganos como pulmones, inflamación y daños en tejidos, desarrollo y proliferación de células tumorales, así como efectos sobre el sistema cardiovascular, en el caso de exposición a dosis altas.

En la actualidad ya hay materiales que han sido calificados como "posiblemente carcinógeno para los seres humanos" por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el cáncer. Estos nanomateriales son:

- El negro de humo (nanomaterial empleado como pigmento para pintura y obtenido de la combustión incompleta de carburantes u otros materiales).

- El dióxido de titanio (nanomaterial ampliamente usado en las cremas protectoras solares, muy eficaz como barrera absorbente de luz ultravioleta, no reflejando la luz visible, pero si reflejando la luz ultravioleta).

#### 4.4. RIESGOS PARA LA SEGURIDAD [EXPLOSIÓN E INCENDIO]

También existe muy poca información respecto de los peligros para la seguridad que pueden entrañar los nanomateriales. Pero, a corto plazo, el mayor riesgo que se puede manifestar para un trabajador/a en el uso y manipulación de materiales nanotecnológicos se encuentra en la posibilidad de que el nanomaterial genere una reacción de ignición, dando lugar a un incendio o una explosión, con las graves consecuencias personales y materiales que se pueden manifestar.

Nos encontramos con situaciones tan novedosas como que materiales que, a escala común no presentan ningún tipo de riesgo, como es el aluminio, aumentan considerablemente la capacidad de ser muy inflamables y potencialmente explosivos sobre todo si se crean nubes de polvo a escala nanométrica. Una vez más, el problema es no tener la información suficiente y contrastada para determinar un punto de referencia para estimar el riesgo, por lo tanto serán considerados nanomateriales con riesgo de explosión e incendio aquellos que, en partículas superiores a la escala nanométrica, presenten esas posibles características. Aun así, y aunque no se tenga información sobre la inflamabilidad o volatilidad de un material, debe imperar la prudencia y considerar que la formación de nubes de polvo puede dar lugar a un peligro de incendio y explosión.

Pese a los cambios que sufren las propiedades de las partículas, cuando pasan a escala nanométrica, actualmente se utilizan las medidas de prevención frente al riesgo de incendios y explosión de polvos finos y ultrafinos establecidas en la normativa ATEX (atmósferas explosivas).

Como conclusión, al hablar de los riesgos de incendio y explosión, la recomendación sería tomar como punto de partida la información disponible para tamaños de partícula superiores a la nanométrica, especialmente la que más se aproxime a esta fracción de tamaño. Así, debería considerarse que los riesgos de incendio y explosión de las formas nano son, como mínimo, las asociadas a las partículas de mayor tamaño del mismo material.

Por tanto, en ausencia de información específica determinante, a la hora de evaluar los riesgos laborales es prudente asumir que las nubes de polvo de nanomateriales pueden presentar peligro de incendio y explosión.

#### 4.5. ¿QUÉ SE ESTÁ HACIENDO PARA ABORDAR EL PROBLEMA DE LAS NANOTECNOLOGÍAS?

En la actualidad se están realizando numerosos estudios para analizar la toxicidad de las nanopartículas en las personas y el medio ambiente, pero es necesario seguir investigando en este campo.

Por este motivo, la Comisión Europea puso en marcha en 2004 el Comité científico de los riesgos sanitarios emergentes y recientemente identificados (CCRSERI) con el fin de disponer de asesoramiento científico sobre la seguridad de determinadas cuestiones que requerían una evaluación exhaustiva de los riesgos, por ejemplo nuevas tecnologías, instrumental médico, etc.

También se está realizando una labor de investigación a nivel internacional con el objetivo de que la nanotecnología se desarrolle y se utilice de una manera responsable y segura que responda a las necesidades y preocupaciones de los ciudadanos.

La Comisión Europea trabaja en diferentes enfoques para conseguir dicho objetivo:

- Revisión de la normativa para determinar si ofrece protección suficiente frente a los riesgos que pueden conllevar las nanotecnologías y nanopartículas, o si es necesario realizar modificaciones o nuevas leyes.
- Mejorar los conocimientos existentes, fomentar la investigación, el intercambio de información y la cooperación a nivel internacional.

Es indudable que se hace necesario crear nomenclatura, normas y métodos de ensayo comunes que garanticen la comparación de datos a nivel mundial. Pero falta mucho por hacer y es necesario controlar la evolución de las investigaciones que se están llevando a cabo, desde la revisión de la normativa y la creación de normas para estandarizar metodologías de uso, prácticas seguras de seguridad y salud, en cuanto a procesos, equipos de protección individual, hasta los futuros descubrimientos sobre cómo pueden afectar a la salud de las personas y al medio ambiente.

## 4.6. EVALUACIÓN DE RIESGOS LABORALES

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) establece que el empresario debe planificar la acción preventiva en la empresa a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores/as. El artículo 3 del Real Decreto 374/2001 indica que, para la adecuada prevención de los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el trabajo, el empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. En el caso de no poder eliminar en origen el riesgo, este se deberá evaluar analizando los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras originados por dichos agentes químicos, de conformidad con la LPRL y el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP).

Entendemos por evaluación de riesgos el proceso dirigido a estimar la magnitud de los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores/as derivados del trabajo. Es una herramienta básica para mejorar las condiciones de seguridad y salud en las empresas y eje central de la gestión de los riesgos.

La realización de una evaluación de riesgos consiste en un examen sistemático de todos los aspectos del trabajo con el fin de determinar:

1. Qué puede causar daño o lesión.
2. Eliminar los riesgos detectados.
3. En caso de no poder eliminarlos, qué medidas de prevención adoptar para controlar los riesgos.

Ya hemos comentado que al ser un tema tan novedoso y desconocido, el planteamiento para abordar la evaluación de riesgos laborales de los nanomateriales sería el utilizado habitualmente para los agentes químicos, siguiendo los criterios y recomendaciones de la Guía de Agentes Químicos. Según un informe de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA), esta sería la línea de actuación adecuada.

La evaluación de riesgos debe considerar siempre la distinta naturaleza de los peligros y riesgos en materia de seguridad y en materia de salud y se debe llevar a cabo con la implicación activa de los trabajadores y trabajadoras, y si existe la figura del delegado/a de prevención que esté presente durante todo el proceso de evaluación.

Como se ha venido indicando en toda esta publicación, existen numerosas lagunas en la información necesaria para la realización de una evaluación de riesgos, por lo que es esencial recoger la máxima información posible sobre los materiales, los procesos y los trabajadores/as potencialmente expuestos, documentarlo y conservar la información durante el mayor tiempo posible, o al menos el tiempo por la legislación aplicable.

Las actuaciones deberán ir encaminadas, por tanto, a prevenir la exposición y si no es posible, a reducirla al nivel más bajo técnicamente posible, y a controlarla mediante la aplicación de medidas de protección según indique la legislación laboral y, a falta de esta, con las recomendaciones y orientaciones que puedan proporcionar organizaciones de reconocido prestigio. Además, sería muy recomendable que las personas que realicen este tipo de evaluación tengan unos conocimientos sólidos sobre los nanomateriales.

Veamos ahora las distintas fases a realizar durante el proceso de la evaluación.

### Identificación de peligros

En muchas ocasiones, cuando se procesan, manipulan o utilizan nanomateriales, los trabajadores y trabajadoras pueden ignorar que pueden estar expuestos a estas sustancias. También puede ocurrir que los empresarios no tengan información acerca de la presencia de nanomateriales en el lugar de trabajo y como primera acción deban verificar en los inventarios si hay sustancias identificadas como nanomateriales o que los pueden contener.

Por lo tanto, lo primero es determinar, caso por caso y recabando toda la información posible, si hay presencia de nanomateriales y los peligros que presentan estos materiales nanométricos para los trabajadores/as, centrándose

en la búsqueda de datos sobre sus características y propiedades fisicoquímicas. Los canales para encontrar esta información son, como ya suponemos, la información que nos proporcionan las etiquetas, las fichas de datos de seguridad, las recomendaciones de la Comisión Europea, los valores límite de exposición profesional y cualquiera otras fuentes como bases, siempre que sean de reconocido prestigio.

Es posible que la información que haya en la ficha de datos de seguridad no aporte datos de la sustancia en la escala nanométrica, que los datos correspondan a otras formas alotrópicas o bien que carezca o sea insuficiente la información sobre las características fisicoquímicas. En estos casos, le corresponde al empresario solicitar a proveedores o fabricantes la información necesaria y suficiente para permitir al menos una caracterización parcial de los nanomateriales y su perfil de riesgo potencial. Esta es la información mínima que hay que solicitar:

- Clasificación de la forma nano
- Distribución de tamaño en número de partículas
- Superficie específica
- Información morfológica (forma y tamaño, especialmente en el caso de fibras)
- Modificación en superficie de los nanomateriales
- Biopersistencia, solubilidad en agua o medios biológicos
- Datos sobre capacidad de emisión de polvo del producto
- Datos sobre inflamabilidad.

**Si nos falta información a la hora de realizar la evaluación de riesgos, adoptar un enfoque basado en el "principio de precaución".**

**Los nanomateriales se considerarán peligrosos, a no ser que haya información suficiente que demuestre lo contrario.**

Si la evaluación de riesgos se realiza teniendo en cuenta exclusivamente los datos de la sustancia en la forma nano, esta circunstancia deberá quedar claramente reflejada en la evaluación de riesgos.

### Estimación y valoración de los riesgos

A la hora de estimar los riesgos para la salud es imprescindible tener un conocimiento detallado de la exposición potencial de los trabajadores/as. Para esta tarea, la información a recabar sería, al menos, la siguiente:

- Identificar los procesos que pueden liberar partículas nanométricas en el aire o su deposición sobre las superficies de trabajo. (corte, trituración, abrasión u otra liberación mecánica de nanopartículas)
- Tareas en las que se puede dar la exposición
- Cantidades de material manipulado
- Estado físico de los nanomateriales en cada etapa del proceso (polvo, suspensión o líquido)
- Identificar quiénes pueden estar expuestos en cada tarea y los factores individuales que puedan influir en la exposición. (estado de salud y susceptibilidad personal, el sexo, la situación de embarazo y lactancia natural en las trabajadoras o los hábitos personales)
- Las posibles vías de entrada
- Frecuencia de la probable exposición
- Concentraciones y tiempo de exposición
- Medidas de control existentes.

Las situaciones de trabajo con riesgo de exposición van a depender en gran medida del formato de presentación del nanomaterial (polvo, disolución, matriz) y de la tipología de proceso (equipos, variables de proceso, etc.).

En el caso de identificar presencia de nanomateriales que puedan presentar riesgo de incendio y explosión es necesario analizar los procesos para poder estimar la posibilidad de que se generen nubes de polvo inflamables, así como atmósferas explosivas cuando las nanopartículas se dispersen en el aire. En cualquier caso, hay que tener en cuenta que en muchas aplicaciones los nanomateriales se utilizan en cantidades tales que no se alcanzaría la concentración mínima de explosión.

A la hora de dar prioridad a una medida preventiva o a otra habrá que tener en cuenta la gravedad del daño para la salud (a falta de información, como mínimo la gravedad de las formas no nano), el número de trabajadores y trabajadoras que podrían estar expuestos, los riesgos que se pueden materializar en un plazo breve y los riesgos que pueden ser tratados más fácilmente.

Como siempre, una vez se hayan implementado las medidas de control necesarias, se debe comprobar su efectividad mediante verificaciones periódicas. Las conclusiones de la evaluación deben quedar adecuadamente documentadas y registradas. También es importante que se archive toda la información recogida para poder utilizarla posteriormente, cuando se disponga de más datos.

### **Actualización y revisión de la evaluación de riesgos**

Es importante tener prevista la actualización de la evaluación de riesgos, y por supuesto la adecuación de las medidas preventivas, en el caso de que se produzcan novedades en los procesos y procedimientos de las empresas. Estamos hablando de incorporación de nuevos nanomateriales a las actividades y procesos, las variaciones en su forma, cambios en los proveedores. Estos casos se deben analizar para determinar si pueden alterar la probabilidad, la naturaleza o la magnitud de los riesgos potenciales.

Por otro lado, y debido a que actualmente se están desarrollando muchos estudios sobre los nanomateriales, es aconsejable que se planifiquen revisiones de la evaluación de riesgos a medida que se disponga de más información sobre los aspectos de seguridad y salud referentes a los nanomateriales (riesgos para la salud y la seguridad, metodologías de evaluación, medidas preventivas, etc.).







## 5. CONTROL DE EXPOSICIÓN A NANOMATERIALES

Como no podía ser de otra manera, las medidas de prevención y protección se establecen a partir de los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos y en numerosas ocasiones estas serán las mismas que las que se utilizarían para el control de la exposición a los aerosoles.

Hay que reseñar que estos métodos de control no han sido lo suficientemente estudiados para las nanopartículas, y con los pocos datos experimentales de los que se dispone hasta la fecha, se puede decir que la ventilación convencional junto con la filtración deberían ser efectivos y suficientes para el control de estos materiales.

Pero aun así, hay que prestar especial atención a:

- La cantidad de materia (masa/nº de partículas). Mayor cantidad siempre significa mayor riesgo de exposición.
- Si se trata de polvo seco o no. Si es polvo seco es más fácil que pueda dispersarse en el ambiente, y por lo tanto mayor riesgo.
- El nivel de contención del proceso. Cuanto más cerrado sea el proceso, el riesgo de exposición se reduce considerablemente.
- El tiempo de exposición.
- La tendencia que presentan es a aglomerarse y agruparse.

Veamos ahora las posibles medidas preventivas a tomar. Estas serán de tipo técnico, organizativo y el uso de protecciones personales.

### 5.1. MEDIDAS TÉCNICAS

Estas son las principales medidas de carácter técnico que se pueden adoptar y que no dejan de ser las tradicionales que se aplican en seguridad e higiene industrial.

#### • Sustitución de sustancias, procesos y/o equipos

Como siempre en prevención, el primer paso para el control del riesgo es la aplicación del principio de sustitución, aplicable también a todos y cada uno de los procesos, dando prioridad a los procesos húmedos frente a los secos, y a la sustitución de los equipos antiguos u obsoletos por otros nuevos.

### • **Diseño**

Buscar siempre un diseño que permita disponer de instalaciones seguras y adecuadas a los trabajos a realizar, teniendo siempre presente la reglamentación vigente, con el fin de eliminar y evitar situaciones de riesgo.

### • **Aislamiento o encerramiento del proceso**

Sin duda el principal método de control para evitar emisiones de nanopartículas es el encerramiento o encapsulamiento del proceso.

Hay que procurar realizar las operaciones de riesgo siempre en circuito cerrado, y si esto no fuera posible, que se realice en locales cerrados y equipados con sistemas de ventilación que eviten el paso de la contaminación a cualquier otra área de las instalaciones.

Cuando en el proceso se genere mucha contaminación y esta sea difícil de controlar, hay que procurar aislar a los trabajadores además de dotarlos de medios para que puedan utilizar sistemas de control remoto para controlar el proceso.

Destacar que en caso de una fuga en el circuito cerrado o en el encerramiento del proceso, las nanopartículas tienden a comportarse como un gas, por lo que se dispersarán pudiendo llegar a cualquier lugar de la planta.

Como ya se ha comentado anteriormente, con el paso del tiempo las nanopartículas tienden a aglomerarse (coagulación), dejando de ser nanopartículas y teniendo ya más dificultad para su dispersión en el ambiente.

### • **Ventilación**

En el caso de que no se pueda trabajar en circuito cerrado, se hace imprescindible la captación de estos contaminantes en el foco de emisión mediante la extracción localizada, evitando así su propagación en el ambiente de trabajo y la posible exposición de los trabajadores. Un sistema de extracción, bien diseñado, con un filtro de partículas de alta eficacia HEPA (High Efficiency Particulate Air) debe ser efectivo para evitar que los nanomateriales pasen al ambiente.

A pesar de ello, siempre puede aparecer algún proceso en el que sea imposible evitar la presencia de nanopartículas en el ambiente. Para estos casos la ventilación general por dilución es la mejor medida para controlar el nivel de contaminación ambiental de las nanopartículas.

Las operaciones de limpieza deben realizarse mediante aspiración y antes de cualquier operación de mantenimiento el equipo utilizado en la tarea debe limpiarse con aspiración.

### • Recirculación del aire y filtración

La filtración del aire recirculado, e incluso su descarga al exterior de las instalaciones, juegan un papel importante en el control de la exposición a nanopartículas. Hay que tener en cuenta que los filtros HEPA presentan una eficacia superior al 99,97% para partículas de un tamaño medio de 0,3  $\mu\text{m}$ , pero ¿qué pasa con las partículas que son más pequeñas que la malla del filtro? Lo ideal es que sean capturadas por otros mecanismos tales como la difusión, intercepción, impactación, sedimentación, o fuerzas electrostáticas.

Ejemplos de operaciones en el que el potencial de generación de aerosoles puede requerir medidas técnicas puede ser:

- Trabajos con nanomateriales en fase líquida.
- Generación de partículas mediante corriente de gas.
- Manejo de polvos con nanoestructura.
- Mantenimiento de equipos y procesos de fabricación de nanomateriales.
- Limpieza de los sistemas de extracción utilizados en la captura de nanopartículas.

## 5.2. MEDIDAS ORGANIZATIVAS

Este tipo de medidas no se deben usar de forma aislada, sino que se deben desarrollar de manera conjunta junto con las medidas técnicas. Medidas organizativas que se pueden aplicar son las siguientes:

- Reducir al mínimo el número de operarios/as potencialmente expuestos mediante la delimitación o segregación de las áreas y el establecimiento de zonas de acceso restringido.
- Señalizar las áreas de riesgo con etiquetas y pictogramas que indiquen la posible presencia de nanomateriales y las medidas de protección a adoptar.
- Formar e informar a los trabajadores y trabajadoras expuestos de los riesgos potenciales, así como de las medidas preventivas a adoptar.
- Mantener el local de trabajo en correctas condiciones de orden y limpieza. Limpiar regularmente suelos, equipos, herramientas y superficies de trabajo utilizando paños húmedos o aspiradora equipada con filtro "absoluto" de aire de muy alta eficacia grupo H (HEPA) de clase H14 o superior (ULPA). No usar nunca aire a presión, escobas, cepillos ni chorros de agua potentes. Los trabajadores/as que realicen las labores de limpieza deben tener la formación adecuada y disponer de los EPI necesarios.

- Establecer medidas y protocolos en caso de derrames accidentales.
- Establecer pautas específicas para el almacenamiento de nanomateriales, tanto si están en disolución como en forma de polvo. Almacenar los productos en contenedores, preferiblemente rígidos, impermeables, cerrados y etiquetados.
- Seguir unas medidas de higiene adecuadas. Unas buenas prácticas en este sentido son:
  - Separar las zonas de trabajo y organizar el flujo de personas y servicios.
  - Guardar la ropa de calle y de trabajo separadamente en taquillas o vestuarios.
  - Garantizar la limpieza de la ropa de trabajo y en ningún caso se permitirá que el trabajador/a lleve la ropa de trabajo a limpiar a su domicilio.
  - Poner a disposición de los trabajadores/as duchas y lavabos.
  - No guardar ni consumir comida y bebidas en el puesto de trabajo.
  - Prohibir la aplicación de cosméticos en lugares donde se manipulen, usen o almacenen nanomateriales.
  - Los trabajadores/as deben evitar tocarse la cara, u otras partes del cuerpo, si consideran que pueden tener los dedos contaminados.

### 5.3. PROTECCIONES PERSONALES

Ya sabemos que los Equipos de Protección Individual (EPI) son el último recurso entre las medidas de control posibles y sólo deben usarse cuando las medidas de control técnico y organizativo que se hayan adoptado no aseguren un nivel adecuado de protección al trabajador/a. La selección, uso y mantenimiento de los equipos de protección individual es, asimismo, fundamental para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores y trabajadoras. La protección efectiva o real sólo se consigue mediante el EPI apropiado, correctamente ajustado y usado, y mantenido adecuadamente.

Como punto de partida para la selección de los EPI será siempre la evaluación de riesgos. De forma general, la selección del EPI a utilizar, solo o simultáneamente con otros, depende de si la exposición a los nanomateriales puede ser por contacto con la piel y los ojos o por inhalación.

La exposición dérmica a nanopartículas provoca la penetración directa de éstas a través de la epidermis, pudiendo llegar al torrente sanguíneo. Por ello, es necesario adoptar medidas para evitar esta exposición a través de la piel utilizando guantes adecuados, tanto cuando se manejen nanopartículas en estado sólido como en solución o en fase de gas.

Los guantes empleados cuando las nanopartículas están en suspensión en un líquido deben tener, además, una buena resistencia al mismo. Si además se prevé un contacto prolongado, se deberían utilizar dobles guantes, dado que la resistencia química del guante puede variar dependiendo del fabricante, modelo y espesor. Se recomienda seleccionar guantes de protección contra productos químicos y microorganismos, de elastómeros como nitrilo, látex, neopreno, butilo. Este tipo de guantes parece ofrecer una alta eficacia frente a nanomateriales a pesar de la posible existencia de poros en el material del guante a escala nanométrica. En este sentido, es recomendable consultar las recomendaciones técnicas del propio fabricante de los guantes.

Hablemos ahora de la ropa de trabajo a utilizar. Los materiales “no tejidos” que se emplean en la ropa de protección (por ejemplo, polietileno de alta densidad) se comportan de manera similar a los medios filtrantes constituidos por fibras y utilizados en los equipos de protección respiratoria, por lo que parecen ser mucho más efectivos en la retención de nanomateriales que los tejidos convencionales como es el caso del algodón o de las mezclas de algodón y poliéster.

Como en el resto de EPI, actualmente no existe ropa de protección específica contra nanomateriales en base a una norma, pero hasta ese momento sí se puede recomendar el uso de los diseños de la ropa de protección química.

La protección ocular a utilizar depende de la tarea que se lleve a cabo y de la forma de presentación de los nanomateriales. Si se manipulan sólidos y o se llevan a cabo operaciones que generen polvo, se recomienda el uso de gafas de montura universal para evitar el riesgo de contacto accidental mano-ojo. Por otra parte, si se manipulan líquidos que contengan nanomateriales (disoluciones o partículas en suspensión en un líquido), se recomienda usar pantallas faciales con protección frente a salpicaduras.

Pero si estamos ante una exposición a nanomateriales en forma de aerosoles, las pantallas faciales y las gafas de montura universal no protegen adecuadamente. En este caso, es aconsejable el uso de una máscara completa, ya que ofrece protección tanto de los ojos como de las vías respiratorias.

Si se aplican correctamente las medidas técnicas antes mencionadas es poco probable que sean necesarias protecciones respiratorias. En todo caso, y como ya se ha citado anteriormente, su utilización debe basarse en el criterio profesional y en los resultados de la evaluación de riesgos.

En el caso de ser necesarios, es recomendable de forma general el uso de equipos filtrantes de partículas de clase 3, bien filtros P3 acoplados a máscara completa o a mascarilla (media máscara) o bien mascarilla autofiltrante FFP3. Asimismo, con objeto de reducir al máximo posible la fuga hacia el interior, es aconsejable el uso de máscaras completas que ofrecen una mayor hermeticidad, además de proporcionar cierta protección ocular. Hay que prestar especial atención a aquellos equipos en los que no se pueda conseguir una buena hermeticidad, como ocurre con algunas mascarillas autofiltrantes.

Por otra parte, dependiendo del tipo de trabajo, se podría optar por equipos filtrantes de partículas que garanticen una presión positiva en el interior de la pieza facial y, en aquellos casos en los que a criterio del técnico de prevención la evaluación de riesgos haya puesto de manifiesto una exposición a elevadas concentraciones de nanomateriales, se puede recomendar el uso de equipos aislantes.

No olvidar que antes de seleccionar el equipo de protección respiratoria se debe comprobar su adaptación al usuario, por lo que es recomendable que se realicen pruebas de ajuste, para determinar el modelo y la talla que mejor se adapta a su cara. Y por supuesto, el usuario debe recibir la formación e información necesaria para saber cómo colocarse y utilizar correctamente el equipo.

Por último, señalar que en caso de producirse un derrame, hay que establecer buenas prácticas de trabajo y protocolos de actuación, valorando siempre la importancia de las posibles rutas de entrada del producto en el organismo del trabajador/a. En este caso, las posibles pautas a seguir son:

- Utilizar aspiradores equipados con filtros HEPA.
- Humedecer el polvo.
- Emplear bayetas humedecidas.
- Utilizar absorbentes si el derrame es un líquido.
- Gestionar el material generado en la recogida del derrame como un residuo peligroso.
- Evaluar la necesidad de la utilización de EPIs, teniendo presente que la exposición por inhalación y por vía dérmica serán las más probables.

## 54. GESTIÓN DE RESIDUOS

Sin duda, una medida preventiva de importancia para la seguridad y salud de los trabajadores y trabajadoras, sin olvidar el medio ambiente, es la gestión adecuada de los residuos generados en las actividades que implican el uso de nanomateriales.

Como norma general, se deben gestionar como residuos peligrosos los restos de nanomateriales puros, las suspensiones líquidas o las matrices con nanomateriales, los objetos o envases contaminados, los filtros de ventilación, las bolsas de la aspiradora, los equipos desechables de protección respiratoria y de la piel, etc., a menos que se conozca que no presentan peligros potenciales.

Para ello, se procederá a:

- Clasificar según compatibilidad para así poder segregarlos.
- Ubicar contenedores para los residuos lo más cerca posible de la zona donde se generan.
- Introducir los residuos en doble contenedor, debidamente sellados y etiquetados.
- Las etiquetas deben indicar de forma clara, legible e indeleble la siguiente información: código de identificación de los residuos que contiene, nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos, fecha de envasado y naturaleza de los riesgos que presentan y que se trata de nanomateriales.
- Almacenar los residuos en locales bien ventilados evitando fuentes de calor, ignición y productos inflamables.
- La retirada y el transporte debe ser gestionado por un gestor autorizado, y su retirada debe realizarse con una periodicidad no superior a seis meses.





## 6. VIGILANCIA DE LA SALUD Y NANOPARTÍCULAS

Como ya hemos citado en varias ocasiones, nos encontramos ante un campo novedoso, por lo que en la actualidad no hay suficientes evidencias científicas y médicas para recomendar la aplicación de un determinado reconocimiento médico específico a los trabajadores y trabajadoras potencialmente expuestos a las nanopartículas.

Pero de lo que no hay duda es que una correcta vigilancia de la salud de las personas expuestas a nanopartículas nos puede dar información importante con el fin de conseguir un mejor control de los posibles efectos de la exposición sobre el/la trabajador/a, y obtener información que nos pueda servir para evaluar la aplicación de las medidas preventivas tanto técnicas como organizativas.

Si la exposición que se produce es a las nanopartículas derivadas de una sustancia química para la que existen protocolos específicos de vigilancia de la salud, la recomendación es seguir el protocolo específico para dicha sustancia, pero teniendo presente que al pasar a escala nanométrica pueden cambiar sus propiedades físico-químicas y de toxicidad, con el fin de interpretar correctamente los resultados reflejados en los informes de los exámenes de salud de los trabajadores/as.

En cuanto a la realización de la vigilancia de la salud, esta deberá seguir los protocolos existentes hasta que se establezca un protocolo de vigilancia de la salud específico para evaluar los riesgos de exposición a nanopartículas. Hasta el momento, en España no hay información sobre recomendaciones para vigilancia de la salud de los trabajadores/as expuestos a nanopartículas artificiales.

Hasta la fecha, el monitoreo biológico es la mejor forma de realizar una correcta vigilancia de la salud de las personas trabajadoras expuestas a sustancias tóxicas, ya que nos indica el nivel real de exposición del/la trabajador/a a una determinada sustancia tóxica.

Dada la gran diversidad de tipos de nanopartículas, actualmente es un reto la búsqueda de un método de monitoreo biológico que reúna las condiciones exigidas como tal y sirva para realizar una correcta vigilancia de la salud. Mientras tanto, en caso de existir una prueba de monitoreo biológico para la sustancia original de donde se derive la nanopartícula, se recomienda incorporar esa prueba a los protocolos de vigilancia de la salud de los y las personas trabajadoras expuestas.

También es recomendable, para facilitar futuros estudios epidemiológicos, recoger registros de exposición a nanopartículas en las empresas donde exista este tipo de riesgo, reflejando el tipo de nanopartículas y los diferentes procesos de producción donde las personas trabajadoras pueden estar expuestas.

Es creciente el interés de muchos países por avanzar en el conocimiento de los efectos tanto en las personas como en el medio ambiente de las nanopartículas manufacturadas. Tanto en la Unión Europea como en Estados Unidos se está revisando toda la información disponible sobre los bioefectos de las nanopartículas sintéticas, con el objetivo de poder diseñar estrategias de prevención. Lo que sí está claro es que los estudios realizados hasta la fecha concluyen que hay suficiente información para considerar las nanopartículas manufacturadas como un potencial riesgo para la salud de los trabajadores y las trabajadoras, por lo que creen necesario realizar estrategias con el objetivo de proteger su salud.

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), a principios del año 2009, ya publicó una Guía que daba instrucciones para la realización de los exámenes médicos y cómo realizar la vigilancia de riesgos de los trabajadores y trabajadoras potencialmente expuestas a nanopartículas sintéticas, ofreciendo así recomendaciones para una correcta vigilancia de la salud.

### Programa de Vigilancia de la Salud

1. Examen médico inicial y confección de historia laboral.
2. Exámenes médicos periódicos con intervalos regulares, incluyendo control biológico específico.
3. Exámenes de salud más frecuentes y detallados de acuerdo a hallazgos encontrados en estos.
4. Exámenes médicos posteriores a incidentes o derrames.
5. Formación de las personas trabajadoras en reconocimiento de síntomas tras exposiciones a nanopartículas.
6. Reporte médico de hallazgos clínicos.
7. Acciones del empresario/a con el fin de identificar potenciales peligros en el puesto de trabajo.

Fuente: Publicación de NIOSH No. 2009-116. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles.

### Preguntas importantes para el establecimiento de programas de vigilancia de riesgos para la salud

1. ¿A qué agentes puede estar expuesta la persona en el lugar de trabajo?
2. ¿Existen métodos estandarizados, fiables y prácticos disponibles para la medición de la exposición de las personas trabajadoras a los agentes?
3. ¿Qué parámetros de la exposición (masa, recuento de partículas, superficie de las partículas) son más relevantes a la hora de determinar la relación con los problemas de salud?
4. ¿En qué medida pueden estar expuestas las personas trabajadoras a nanopartículas?
5. ¿Qué medidas se han adoptado para controlar las exposiciones potencialmente peligrosas?
6. ¿Cómo de efectivos son los controles?
7. ¿Afectan los agentes a la mayoría de las personas trabajadoras?
8. ¿Qué trabajos o industrias son más susceptibles de causar la exposición a las personas trabajadoras?
9. ¿Qué efectos para la salud de las personas trabajadoras están relacionados con estas exposiciones?
10. ¿Cómo varían, en un período de tiempo, las exposiciones ocupacionales a nanopartículas?

Fuente: publicación de NIOSH No. 2009-116. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles.



## 7. CÓMO ACTUAR DENTRO DE LAS EMPRESAS

En España contamos con un abanico de normas que reconocen el derecho a los trabajadores y las trabajadoras a que se proteja la salud en el trabajo y por tanto la obligación de los empresarios o empresarias de ofrecer un trabajo sin riesgos y con los medios necesarios para evitar que la salud de sus trabajadores/as se deteriore. Al frente de este conjunto de normas está la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El objetivo de toda esa legislación es “proteger la seguridad y la salud de los trabajadores/as mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados del trabajo” (art. 2.1, Ley de Prevención de Riesgos Laborales). Para conseguir este objetivo, la Ley de Prevención de Riesgos laborales:

- Establece que el empresario o empresaria tiene la **obligación de proteger a los trabajadores y a las trabajadoras** frente a los riesgos laborales presentes en su lugar de trabajo.
- Establece que se deben **conocer los riesgos a fin de poder evitarlos**, fijando para ello dos obligaciones fundamentales para la empresa: la realización de una evaluación de riesgos y la planificación de la actividad preventiva para reducir estos riesgos y evitar los daños a las personas trabajadoras.
- Obliga a las empresas a dar **formación de los trabajadores y las trabajadoras como elemento clave** para el conocimiento de los riesgos.
- Reconoce el **derecho de las personas trabajadoras a participar** en la actuación preventiva para colaborar con la empresa en la mejora de las condiciones de trabajo.

### 7.1. LOS TRABAJADORES/AS Y LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Ya sabemos que toda persona trabajadora tiene derecho a una protección eficaz de su salud en el trabajo, y que la ley concreta este derecho fundamental en unos derechos adicionales que posibilitan que se puedan emprender acciones individuales y colectivas de autoprotección, garantizando la participación como trabajadores y trabajadoras en todas las cuestiones que afecten a la salud y la seguridad en el trabajo.

**Todas las personas trabajadoras son titulares del derecho a la salud, con independencia del tipo de contrato, de la edad, del sexo, de la categoría profesional, de la nacionalidad, del tamaño de la empresa...**

Repasemos ahora lo que nos dice la legislación sobre los derechos de los trabajadores y las trabajadoras. Como trabajador o trabajadora tienes derecho a....:

- Una **protección eficaz** en materia de seguridad y salud frente a los riesgos laborales.
- **Recibir formación e información** sobre los riesgos de tu puesto de trabajo, medidas de protección y prevención aplicables y sobre los planes de emergencia, siempre en horario de trabajo.
- **Consultar y participar en la empresa** en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo, formulando las propuestas que se consideren oportunas.
- **La vigilancia de tu salud**, específica y ajustada a los riesgos presentes en tu trabajo, de forma periódica y confidencial. Será una obligación para la empresa ofrecerte la posibilidad de realizar las pruebas médicas que constituyen la vigilancia de la salud, si bien es un derecho para ti y, por tanto, renunciable (sólo será obligatorio en determinadas situaciones en las que tu trabajo pueda poner en peligro tu salud y la de terceros, o cuando exista una norma específica).
- **Denunciar**. Puedes acudir ante la Inspección de Trabajo para denunciar los incumplimientos en materia de seguridad y salud.
- **Derecho a interrumpir la actividad**, cuando consideres que existe un riesgo grave e inminente que ponga en serio peligro tu salud o tu vida (art. 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales).

Pero no solo hay derechos, también existe el correspondiente **deber de colaborar con la empresa en el cumplimiento de las medidas de seguridad**, con la finalidad de garantizar tu propia salud y la de tus compañeros y compañeras.

La participación activa de los trabajadores y trabajadoras es básica para poder abordar la prevención de forma eficaz y poder así llevar a la práctica las medidas preventivas adoptadas por la empresa. Igualmente, los trabajadores y trabajadoras deben velar por el cumplimiento de las medidas de prevención que se adopten, tienen que usar adecuadamente y conforme a las instrucciones recibidas las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte..., utilizar correctamente los medios y equipos de protección y los dispositivos de seguridad existentes, informar de inmediato a la persona responsable acerca de cualquier situación que pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud y contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por las autoridades competentes.

Para garantizar los derechos de los trabajadores y las trabajadoras, el empresario/a tiene la obligación proporcionar una protección eficaz, que deberá mantener actualizada de forma permanente. Para ello, debe integrar la prevención en todas las decisiones empresariales, además de establecer una correcta política de prevención con el apoyo y asesoramiento técnico adecuado.

En nuestros trabajos, somos los trabajadores y trabajadoras los y las que más tenemos que decir sobre nuestras condiciones de trabajo, cómo estas nos va afectando a la salud, pues conocemos de primera mano la peligrosidad del puesto. Además, experimentamos en primera persona los riesgos, y por ello, somos los trabajadores y las trabajadoras los que mejor podemos hacer balance global del éxito o fracaso de la prevención.

Prevención es anticiparse, actuar antes de que algo suceda con el fin de impedir o evitar sus efectos, y un riesgo es una situación en la que pueden ocurrir cosas indeseadas. Por lo tanto, la prevención de riesgos no es ni más ni menos que eliminar y/o controlar toda condición de trabajo que pueda suponer un daño para nuestra salud en el puesto de trabajo.

Para este control del riesgo es necesaria la puesta en práctica de fórmulas de participación en todos los momentos de la actuación preventiva, desde la identificación de riesgos a las propuestas de prevención y la evaluación de su resultado.

**En definitiva, nadie mejor que tú conoce los riesgos del puesto de trabajo, y tu participación es clave para implantar una prevención real y efectiva en la empresa.**

Los trabajadores y las trabajadoras se encuentran con problemas para poder expresar sus ideas y poder “alzar la voz” con el lícito fin de hacer valer sus derechos en general, y en salud laboral en particular. Pero en ocasiones, menos de las esperadas, tenemos la suerte de encontrarnos en nuestros trabajos con una figura que es clave a la hora de defender los derechos de los trabajadores y trabajadoras en materia de salud laboral. Nos estamos refiriendo al **delegado o delegada de prevención, y tú como trabajador/a debes conocer si esta figura existe en tú empresa.**

Los delegados/as de prevención son los representantes de los trabajadores/as con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo, y es el mejor vehículo mediante el que puedes hacer efectiva tu participación. Las competencias del delegado de prevención son:

- 1. Colaborar** con la dirección de la empresa en la mejora de la acción preventiva.
- 2. Promover y fomentar** la cooperación de los trabajadores y trabajadoras en la ejecución de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- 3. Ser consultados** sobre todas las decisiones que afecten a la seguridad y salud de los puestos de trabajo, con carácter previo a su puesta en marcha.
- 4. Vigilar y controlar** el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales por parte de la empresa.



**Averigua si en tu empresa existe la figura del delegado o delegada de prevención. La prevención de riesgos laborales estará mucho más implementada e integrada y te será mucho más fácil hacer valer tus derechos como trabajador/a.**

## 7.2. CÓMO ACTUAR ANTE UN ACCIDENTE, O SOSPECHA DE ENFERMEDAD LABORAL. LAS MUTUAS

Los accidentes de trabajo son la parte más visible del daño laboral, y son la clara manifestación de que las cosas no se están haciendo bien. Tan visible es que llegan a ocultar otros problemas que, a veces, son incluso más graves y que también son consecuencia del trabajo, como son las enfermedades profesionales y las “enfermedades relacionadas con el trabajo”<sup>2</sup>.

Las enfermedades profesionales tardan tiempo en dar la cara y pueden pasar inadvertidas, y como estamos viendo en el campo de la nanotecnología hay mucho desconocimiento. El periodo de tiempo que transcurre desde que un trabajador/a está expuesto a un determinado riesgo (ruido) hasta que se desarrolla la enfermedad (sordera profesional) es muy largo. Reseñar que para que una enfermedad esté reconocida como enfermedad profesional debe estar reconocida por ley.

Y, ¿qué ocurre si la enfermedad no está reconocida como profesional por la legislación? En este caso nos encontramos ante lo que se denomina “enfermedades relacionadas con el trabajo”, que son las que aparecen cuando los riesgos laborales actúan como factores causales junto a otros factores externos al medio laboral. En algunos casos en un principio se consideran a efectos legales como accidentes de trabajo, siempre que se demuestre que tienen como causa exclusiva el trabajo realizado, como por ejemplo dolor en la espalda en trabajos cuya actividad implique manipulación manual de cargas, posturas forzadas, etc.

**Como trabajador/a tienes derecho a conocer con qué Mutua de Accidentes de Trabajo se ha asociado tu empresa y así saber dónde acudir si has tenido un accidente laboral o sospechas que sufres una enfermedad relacionada con el trabajo.**

<sup>2</sup> 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.

Debes saber que en nuestro sistema de Seguridad Social, todas las empresa están obligadas a tener aseguradas las contingencias profesionales, es decir la atención ante un accidente de trabajo o una enfermedad profesional, y normalmente lo que hacen es asociarse con una Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales, aunque también pueden hacerlo directamente con el Instituto Nacional de la Seguridad Social.

Las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social (MATEPSS) son entidades colaboradoras de la Seguridad Social que funcionan bajo la tutela y vigilancia del Ministerio de Trabajo y Economía Social, y su función principal es gestionar lo que llamamos contingencias profesionales, es decir, los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.

Repasemos ahora qué servicios prestan las mutuas:

- **Accidente de trabajo y enfermedad profesional.** Asistencia sanitaria, incluida la rehabilitación, y las prestaciones económicas.
- **Gestión de la prestación económica de la Incapacidad Temporal por enfermedad común y accidente no laboral.** Sólo en el caso de que tu empresa lo haya concertado.
- **Gestión de la prestación por riesgo durante el embarazo y durante la lactancia natural,** cuando el trabajo supone un riesgo para la trabajadora embarazada, el feto o el lactante y la empresa no puede adaptar y/o cambiar el puesto de trabajo.
- **Prestación económica por cese de actividad de los trabajadores/as por cuenta propia (autónomos).**
- **Prestación económica para el cuidado de menores afectados por cáncer u otra enfermedad grave.**

En ocasiones, a la hora de acudir a la mutua, te puedes enfrentar a problemas o discrepancias. Algunas de los más comunes son: que después de haber sufrido un accidente de trabajo no quieran darte la baja y te obliguen a ir al médico de cabecera para que te la proporcione éste; que la mutua te dé el alta y no estés de acuerdo pues consideras que aún no estás recuperado y tu estado de salud no te permite trabajar; que sufras una recaída después de un accidente de trabajo; que no te quieran dar tu historial médico; que no reconozcan el origen profesional de una enfermedad, etcétera.

Ante estas y otras situaciones existen procedimientos y reclamaciones a realizar (disconformidad con la contingencia, revisión del alta, hoja de reclamación en la mutua, reclamación en la oficina virtual de reclamaciones, reclamación previa, etc.).

Si tienes alguno de estos problemas o cualquier otro con la mutua, puedes pedir asesoramiento en el Sindicato para intentar solucionarlo.

### 7.3. QUÉ HACER SI MI EMPRESA NO CUMPLE CON LA LEY

Nos podemos encontrar con que la empresa no esté cumpliendo con la legislación en materia de salud laboral, o no lo esté haciendo de una forma correcta. En este caso como trabajadores/as tenemos la posibilidad de acudir a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social (ITSS), o al Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST).

#### ITSS

Una de las principales funciones de la Inspección de Trabajo es vigilar el cumplimiento, por parte de las empresas, de la normativa sobre prevención de riesgos laborales, así como las normas jurídico-técnicas que incidan en las condiciones de trabajo en materia de prevención, llegando a proponer a la autoridad laboral competente la sanción que corresponda si observa infracciones o incumplimientos a la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

La Inspección de Trabajo no está solo para denunciar.

Tiene, además, la labor de asesorar e informar a las empresas y también a los trabajadores en materia de prevención de riesgos laborales.

La Inspección de Trabajo puede actuar bien por decisión propia, o bien porque ha recibido una denuncia por incumplimiento en materia de salud laboral. Una vez que se formula la denuncia, la Inspección procederá a realizar una visita a la empresa con el objeto de comprobar los hechos denunciados, pero también puede requerir la comparecencia de los actores implicados en la prevención de la empresa en las oficinas de la Inspección, o que envíen toda la documentación e informes a dichas oficinas para su análisis.

Es importante saber que las denuncias hay que hacerlas con método y siempre por escrito. Para facilitar la labor, y de esta forma garantizar que no te falte ningún dato necesario para la tramitación de la denuncia, existe un modelo disponible en la sede de la ITSS y descargable por la web <https://www.mites.gob.es/itss/web/>. En las denuncias se hace una descripción de las situaciones de riesgo y/o los daños a la salud que se hayan podido producir, y en la medida de lo posible citar la legislación o normativas que puedan avalar la denuncia, en este sentido puedes solicitar ayuda a los Técnicos del Sindicato.

En líneas generales, una denuncia bien presentada debe contener:

- Datos personales del denunciante o denunciados: nombre y apellidos, DNI, domicilio a efectos de notificación y teléfono de contacto.
- Identificar claramente a la empresa, indicando su nombre o razón social, dirección completa y actividad a la que se dedica.
- Los motivos, argumentados, que llevan a presentar la denuncia, procurando ser lo más claros y escuetos posible. Es recomendable adjuntar a la denuncia informes que razonen los motivos de la misma.
- Señalar claramente lo que solicitamos a la ITSS.
- Finalmente fechar la denuncia y firmar.

**La denuncia siempre va firmada por el denunciante, pero debes saber que la ITSS siempre considerará confidencial el origen de las denuncias, y están obligados a no revelar la identidad del denunciante a la empresa denunciada.**

La denuncia, y los posibles documentos anexos, se entregan en el Registro de la Inspección Provincial de Trabajo<sup>3</sup>. No te olvides de llevar el original y dos copias, de manera que el original y una de ellas se queden en la Inspección y la otra te la lleves sellada.

## IRSST

El organismo que da soporte técnico a la ITSS en materia de seguridad y salud en el trabajo es el **Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo**, dependiente de la Comunidad Autónoma de Madrid. El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST) es el organismo autónomo, adscrito a la Consejería de Economía, Hacienda y Empleo, que gestiona la política de seguridad y salud en el trabajo dentro de la Comunidad de Madrid. El fin principal que persigue este organismo es la reducción de la siniestralidad laboral dentro de la CM y la mejora de las condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

El IRSST está constituido principalmente por técnicos de prevención de riesgos laborales, que se encuentran asignados al Área de Seguridad e Higiene y a la Unidad Técnica de Medicina del Trabajo y Ergonomía y Psicología

<sup>3</sup> La sede de la Inspección de Trabajo en Madrid está situada en la Plaza José Moreno Villa, 1.

Aplicada, y sus actuaciones van dirigidas principalmente a microempresas y a pequeñas y medianas empresas. Estamos hablando de acciones como:

- Asesoramiento técnico sobre el cumplimiento de la normativa en prevención de riesgos laborales.
- Control de las condiciones materiales por los técnicos habilitados de la Comunidad de Madrid.
- Impartir formación en diferentes materias preventivas.
- Realizar investigaciones de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- Realizar acciones de sensibilización y concienciación entre trabajadores/as, empresarios/as y entre la sociedad en su conjunto para implantar la cultura preventiva en todos los ámbitos.

Si lo consideras oportuno puedes acudir a ellos buscando asesoramiento en materia preventiva. Para ello, hay que solicitar por escrito el asesoramiento o su mediación, presentando en el Registro<sup>4</sup> una solicitud que debe contener, al menos, esta información:

- Datos personales del o los peticionarios de la actuación.
- Identificar claramente a la empresa, indicando su nombre o razón social, dirección completa y actividad a la que se dedica.
- Los hechos que motivan la petición, procurando ser lo más claros y escuetos posible. Si es necesario se puede adjuntar informes o documentos que razonen los motivos de la misma.
- Señalar claramente lo que se solicita a los Técnicos del Instituto Regional.
- Finalmente, fechar la consulta y firmar.

**Si necesitas hacer una denuncia a la Inspección de Trabajo, o realizar una consulta a los Técnicos del IRSST no dudes en pedir ayuda a los técnicos del Sindicato.**

**Si hay delegados de prevención en tu empresa, habla con ellos para que te faciliten todo el proceso o actúen en tu nombre.**

<sup>4</sup> Registro IRSST. Calle Ventura Rodríguez, 7. Madrid.





## B. BIBLIOGRAFÍA Y BIBLIOWEB

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.  
**“Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales”**
- CCOO Cataluña. “La nanotecnología en el medio laboral”  
<https://www.ccoo.cat/wp-content/uploads/2021/11/nanotecnologia-medio-laboral.pdf>
- European Chemicals Agency.  
**“Chemicals in our life”**
- Portal sobre nanomateriales de la Comisión Europea.  
[https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/nanomaterials/es/index.htm#4](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/nanomaterials/es/index.htm#4)
- Observatorio Europeo para Nanomateriales.  
<https://euon.echa.europa.eu/es/uses>
- Apéndice relativo a las nanoformas aplicable al documento de orientación sobre el registro y la identificación de las sustancias. European Chemicals Agency.
- ¿Son los nanomateriales un riesgo para mi salud y seguridad en el trabajo? ISTAS. Herramientas de prevención de riesgos laborales para pymes.
- NTP 1172 Nanomateriales: Medidas preventivas en laboratorios de investigación.
- NTP 877 Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas.
- NTP 797 Riesgos asociados a la nanotecnología.
- Revista Química e Industria:  
Artículo **“Nanomateriales: Una clasificación desde sus dimensiones”**. Jahaziel Amaya y William Quiroga.





**NANOMATERIALES**  
**RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN**  
**PARA SU MANEJO EN EL ENTORNO LABORAL**

**CCOO de Madrid**

C/ Pedro Unanue, 14 | 28045 Madrid  
Teléfono: 91 536 52 12  
slmadrid@usmr.ccoo.es  
www.saludlaboralmadrid.es

**IRSST**

C/ Ventura Rodríguez, 7 | 28008 Madrid  
Teléfono: 900 713 123  
irsst@madrid.org  
www.comunidad.madrid