Cuaderno preventivo: La nanotecnología, un riesgo emergente

Versión 2018

Secretaría de Política Sindical de
la UGT de Catalunya – Salud Laboral
www.ugt.cat

Financiado por AT 2017-0106

MINISTERIO DE EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

FUNDACIÓN ESTATAL PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, F.S.P.

UGT

Edita: Secretaria Política Sindical de la UGT de Catalunya - Salut Laboral
Diseño/Maquetación: Secretaria de Organització de la UGT de Catalunya
Imágenes: www.gaiaciencia.com/2015/02/que-es-la-nanotecnologia, Flickr, Wikipedia
Depósito legal: B 12396-2018

Índice

1. Introducción.....5

2. ¿Qué son: nanopartículas, nanomateriales y nanotecnología?.....9

3. Productos y artículos fabricados con nanomateriales..... 15

4. Áreas de exposición de los trabajadores.....19

5. Riesgos para la salud de las nanopartículas.....23

6. Riesgos para la seguridad: incendio y explosión..... 29

7. Evaluación de riesgos de nanomateriales.....31

8. Medidas de prevención.....37

9. Vigilancia de la salud.....43

10. Legislación..... 47

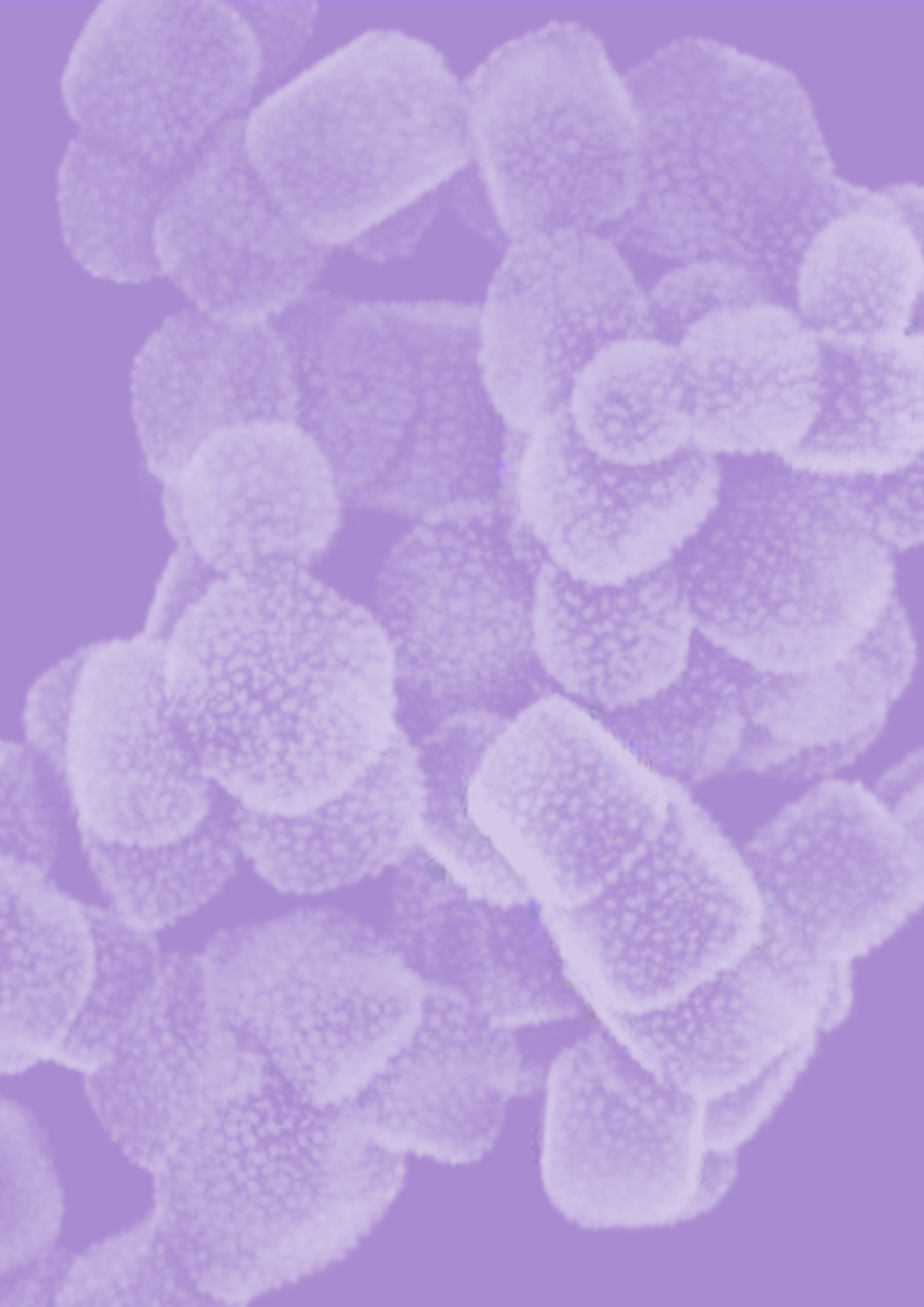
11. Derechos de los trabajadores.....53

12. Actuación del/de la delegado/a de prevención.....55

13. Bibliografía y páginas web de referencia..... 57

14. Direcciones de interés..... 59

15. Sedes de UGT de Catalunya..... 61



1. Introducción

La nanotecnología es una nueva área de investigación y desarrollo, es el campo de las ciencias aplicadas que estudia los fenómenos y la manipulación de los materiales a escala atómica y molecular y que está en constante evolución. De hecho, la primera edición de este cuaderno corresponde a 2008 y 10 años más tarde se ha realizado una revisión completa con las nuevas evidencias encontradas.

La nanotecnología se presenta como la gran revolución tecnológica de nuestra época. Manipulando los materiales a escalas de 1 a 100 nanómetros (un nanómetro equivale a una millonésima parte de un milímetro) se consiguen nuevas propiedades lo que confiere a la nanotecnología un potencial considerable para el desarrollo y la aplicación de la misma en diversos sectores de la industria (química, farmacéutica, cosmética, electrónica), así como en la medicina y la alimentación.

Es un campo lleno de oportunidades que puede mejorar nuestra vida aportando mejoras en medicina, creando nuevos puestos de trabajo de gran valor añadido y cada vez se descubren nuevos campos de aplicación como es la mejora del medioambiente (contaminación atmosférica, tratamientos de aguas).

No obstante se ha de tener en cuenta que todo y poder suponer una mejora de la calidad de vida, la nanotecnología y el uso de nanopartículas sintéticas o artificiales, puede suponer un riesgo para la salud, la seguridad y el medioambiente que es necesario evaluar y controlar. Es necesaria una estrategia de utilización de las nanotecnologías segura, integrada y responsable.

En los próximos años se prevé un gran desarrollo del uso de las nanotecnologías lo que elevará el número de trabajadores expuestos a nanopartículas.

Es necesario ofrecer información y formación a los trabajadores sobre cómo manipular los nanomateriales de forma segura, evitando riesgos para su seguridad y salud. En algunos casos serán medidas derivadas de la aplicación del **principio de precaución** que aconseja, en base a la falta de acuerdo o conocimiento científico sobre un riesgo en concreto, en este caso la exposición a productos y / o materiales que se sospecha pueden ser peligrosos, adoptar todas las medidas necesarias para reducir o hacer desaparecer el riesgo hasta que no se tengan datos más concluyentes.

Actualmente, todas las políticas establecen la necesidad de investigar los posibles efectos y medidas preventivas del uso de nanopartículas. La *Estrategia Europea de Seguridad y Salud en el Trabajo* 2014-2020 establece como reto mejorar la prevención de las enfermedades relacionadas con el trabajo combatiendo los riesgos existentes, nuevos y emergentes, determinando que los nanomateriales son un ejemplo de ello, ya que pueden tener propiedades únicas que pueden requerir nuevos métodos de ensayo de la toxicidad y herramientas para la predicción del riesgo desde la fase de desarrollo del producto en adelante, a fin de tener debidamente en cuenta todo lo relacionado con la seguridad.

Por su lado, la *Estrategia Española de seguridad y salud en el trabajo* 2015-2020 establece en relación con las nanotecnologías, la necesidad de promover la investigación, seguir los avances realizados por grupos de investigadores de nuestro entorno, detectar colectivos y actividades expuestas a estos riesgos y establecer programas reglados de vigilancia de los trabajadores expuestos.

Las nanopartículas se están manipulando actualmente sin la información suficiente de sus propiedades y de los riesgos que pueden suponer para la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos. Su reducido tamaño cambia las propiedades toxicológicas de los materiales, en su mayoría desconocidas, lo que hace que las metodologías de detección y las medidas preventivas exis-

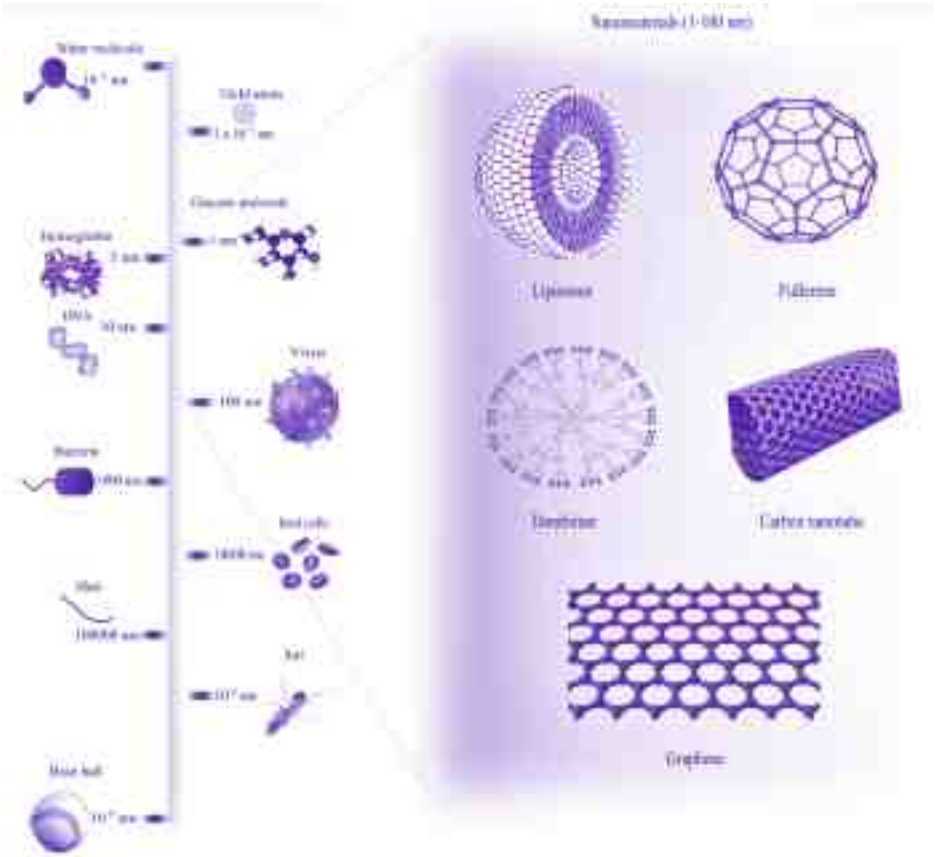
tentes puedan no ser válidas para evitar los riesgos derivados de su exposición. Por todo ello es necesario desarrollar y aplicar medidas cautelares, y se demanda desde la CES (Confederación Europea de Sindicatos) que se aplique el principio de precaución **«SIN DATOS NO HAY MERCADO»**, y el principio de responsabilidad del productor con el fin de garantizar la producción, el uso y la eliminación seguros de los nanomateriales antes de comercializarlos.

El presente cuaderno informa de manera sencilla de qué son las nanopartículas y de los beneficios, pero sobre todo, de los riesgos que puede suponer su manipulación y la exposición a nanopartículas en los puestos de trabajo, así como las medidas preventivas para reducir o eliminar el riesgo de exposición a nanopartículas en los lugares de trabajo.

2. ¿Qué son: nanopartículas, nanomateriales y nanotecnología?

Para entender qué es una nanopartícula, un nanomaterial o la nanotecnología en primer lugar se ha de saber que es un nanómetro.

Nano es un prefijo griego que indica una medida (10-9 = 0,000 000 001), no un objeto. Un nanómetro (nm) es una milmillonésima parte de un metro (1 x 10-9 m). Un cabello es del orden de 10.000 a 100.000 nm, un glóbulo rojo tiene un diámetro de 5.000 nm y una molécula de ADN unos 2 nm. Podemos encontrar todo tipo de material orgánico y natural como un glóbulo rojo o inorgánico e industrial como el óxido de plata.



La UE adoptó una definición de **nanomaterial** en 2011 (Recomendación sobre la definición de nanomaterial (2011/696 / UE)).

De acuerdo con la Recomendación, un «Nanomaterial» es:

Un material natural, incidental o manufacturado que contiene partículas, en un estado no unido o como un agregado o como un aglomerado y donde, para 50% o más de las partículas en la distribución de tamaño de número, una o más dimensiones externas están en el rango de tamaño 1 nm - 100 nm.

Dicha recomendación especifica que en casos específicos y cuando lo justifique la preocupación por el medio ambiente, la salud, la seguridad o la competitividad, el umbral de distribución del tamaño del 50% puede ser reemplazado por un umbral entre 1 y 50% excepto para los fullerenos, los copos de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones externas por debajo de 1 nm que deben considerarse nanomateriales.

Esta definición se utiliza principalmente para identificar los materiales para los cuales podrían aplicarse disposiciones especiales (por ejemplo, para la evaluación del riesgo o el etiquetado de los ingredientes).

La **Organización de Estandarización Internacional** (ISO), en la norma europea ISO TS 80004-1, también define nanomaterial (NM) como aquel en el que al menos una dimensión externa se encuentra en la escala nanométrica, es decir, entre 1 y 100 nm, o el que tiene una estructura interna o en superficie a escala nanométrica. Recordando que 1 nanómetro equivale a una milmillonésima parte de un metro; (1nm = 1x10-9).

Los nanomateriales no son intrínsecamente peligrosos por si mismos, pero puede ser necesario tener en cuenta consideraciones específicas en su evaluación de riesgos. Por lo tanto, uno de los propósitos de la definición es proporcionar criterios claros e inequívocos para identificar los materiales para los cuales se aplican tales consideraciones. Solo los resultados de la evaluación de riesgos determinarán si el nanomaterial es peligroso y si se justifica una acción adicional.

Las nanopartículas pueden clasificarse en **tres grandes categorías**:

De origen natural: hay nanopartículas de origen biológico (virus, bacterias), de origen mineral (polvo de arena del desierto) o de origen medioambiental (nieblas y humos derivados de fuegos forestales o actividad volcánica).

Generadas por la actividad humana de forma involuntaria: producidas en procesos industriales (pirolisis a la llama del negro de carbono, humo de sílice, partículas ultrafinas de óxido de titanio), obtención de pigmentos, en procesos de combustión (diesel, carbón) o en actividades domésticas (humo de barbacoas o de aceite).

Generadas por la actividad humana de forma voluntaria: Se crean mediante las nanotecnologías.

La nanotecnología es el diseño, la síntesis, la manipulación y la aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia en la nanoescala, rango de tamaños que va de 1 a 100 nanómetros (nm).

Existen dos procedimientos para obtener nanopartículas artificiales:

- «Top-down» de arriba abajo: Se construyen nanopartículas sometiendo materiales convencionales a diversos procesos mediante procesos de molienda del material a granel.
- «Bottom-up» de abajo a arriba: Se construyen nanopartículas a partir de átomos o moléculas.

En función del número de dimensiones que en la estructura tengan tamaño nanométrico se clasifican los nanomateriales en:

- **Nanomateriales de una dimensión a escala nanométrica:** Estructuras que se utilizan en recubrimientos de superficies o películas finas en las que su grosor es de orden nanométrico.
- **Nanomateriales de dos dimensiones a escala nanométrica:** Nanotubos y nanohilos.
- **Nanomateriales de tres dimensiones a escala nanométrica:** Nanocristales y fulleneros.

Una de las características de las nanopartículas es que presentan una superficie muy elevada respecto a su volumen, de relación exponencial, a medida que disminuye el tamaño de la partícula aumenta el área superficial por unidad de masa, lo que se traduce en un mayor número de átomos en la superficie. Esta característica hace que las propiedades de los nanomateriales relacionadas con las superficies (propiedades eléctricas, mecánicas, magnéticas, ópticas o químicas) sean diferentes a las de los mismos materiales a escala no nanométrica.

3. Productos y artículos fabricados con nanomateriales

Los nanomateriales se utilizan para mejorar funciones o propiedades de productos, materiales o artículos. Se debe tener en cuenta la continua investigación y desarrollo de nuevos productos y nuevas aplicaciones de los nanomateriales.

A continuación se ofrece una descripción general del valor que algunos nanomateriales pueden aportar a determinados productos o artículos así como algunos ejemplos de nanomateriales comunes.

Recubrimientos y pinturas

Los nanomateriales se utilizan en pinturas y recubrimientos, por ejemplo, para mejorar la durabilidad y proporcionar funciones nuevas: hidrorrepelencia, facilidad de limpieza, resistencia antimicrobiana o resistencia a los arañazos.

En la actualidad, los nanomateriales más utilizados en el sector de pinturas y recubrimientos son el dióxido de sílice y el dióxido de titanio a nanoescala. El nanodióxido de titanio se usa en recubrimientos principalmente para explotar su actividad fotocatalítica y proporcionar superficies autolimpiables. La adición de sílice amorfa sintética optimiza la dureza y la resistencia de la pintura a la abrasión, los arañazos y la intemperie. Asimismo, se están estudiando la plata, el óxido de zinc, el óxido de aluminio, el dióxido de cerio, el óxido de cobre y el óxido de magnesio a nanoescala para posibles usos futuros en pinturas.

Medicamentos

En el terreno farmacéutico, en lo que más se está trabajando actualmente es la utilización de las nanopartículas que son en sí mismas principios activos. En algunos casos, el principio activo es un nanocatalizador que actúa contra una diana en el caso de enfermedades. También son vehículos excelentes para liberar fármacos en los tejidos u órganos del cuerpo deseados, dirigidos a combatir enfermedades autoinmunes, cáncer, infecciones o dolor. En este sentido ya hay unos 40 sistemas de liberación de fármacos diseñados para tratar tumores, enfermedades infecciosas y autoinmunes, entre otras patologías. Pueden transportar un sólo fármaco o una combinación de diversos. Muchos comprimidos, supositorios y cremas contienen nanomateriales, como sílice amorfa sintética, utilizada para controlar la viscosidad y la uniformidad de los principios activos. Además, las nanopartículas de plata llevan usándose varios años como agentes antibacterianos para el tratamiento de heridas.

Productos cosméticos y productos de cuidado personal

Los nanomateriales se encuentran en muchos productos cosméticos, como cremas hidratantes, productos de cuidado del cabello, maquillaje y protectores solares. Las principales ventajas del uso de las nanopartículas en los productos de cuidado personal son: mejora de la estabilidad de los ingredientes cosméticos (como vitaminas, ácidos grasos insaturados y antioxidantes) mediante su encapsulamiento dentro de las nanopartículas, protección eficaz de la piel frente a los rayos ultravioletas (UV), productos estéticamente agradables (como protectores solares minerales, que utilizan partículas más pequeñas de un mineral activo para aplicarlos sin dejar residuos blancos), actuación de un principio activo en las células u órganos deseados, y liberación controlada de principios activos para prolongar el efecto de un fármaco, un efecto también estudiado dentro del campo farmacéutico.

Plásticos

La industria del plástico es un terreno en el que se utilizan mucho las nanotecnologías. El desarrollo de nanocompuestos, es decir, polímeros reforzados que utilizan nanomateriales, es una de las aplicaciones más relevantes en el ámbito de los materiales (nuevos). Los termoplásticos reforzados con nanotecnologías resisten el calor, son retardantes de llama, proporcionan estabilidad y conducen la electricidad. Por ejemplo, el nitruro de titanio es un material extremadamente duro utilizado en plásticos, como frascos de tereftalato de polietileno (PET), para mejorar sus propiedades físicas y la eficiencia de los procesos de fabricación de PET.

Materias textiles y sus manufacturas

Muchos de los textiles más utilizados hoy en día contienen nanomateriales. Algunas prendas infantiles pueden revestirse de nanoplata para proporcionar protección antibacteriana. El nanodióxido de titanio brinda protección frente a los rayos UV para prendas de baño. Muchas cazadoras de montaña impermeables y manteles antimanchas están recubiertos de nanosílice amorfa sintética. Si se quiere mejorar la resistencia a la abrasión, basta con recubrir las materias textiles de nanoóxido de aluminio, nanotubos de carbono o nanosílice amorfa sintética.

Equipamiento deportivo

El nanomaterial más utilizado en el ámbito deportivo son los nanotubos de carbono. Se utilizan para producir equipamiento más ligero pero a la vez más rígido, como raquetas de tenis, palos de golf y cuadros de bicicleta.

Alimentación

La nanotecnología también tiene aplicaciones en el sector alimentario. Los principales avances hasta el momento persiguen modificar la textura de los componentes alimenticios, encapsular componentes o aditivos, desarrollar sabores nuevos, controlar la liberación de aromas, desarrollar nanosensores para rastrear y supervisar el estado de los alimentos durante su transporte y almacenamiento o incrementar la biodisponibilidad de los componentes nutricionales.

4. Áreas de exposición de los trabajadores

La exposición laboral a nanomateriales puede darse en cada una de las etapas del ciclo de vida del nanomaterial, la fabricación, la incorporación al producto intermedio o final, la utilización profesional de estos productos y la eliminación de los residuos que los contienen, así como en las tareas de mantenimiento y limpieza.

Fabricación del nanomaterial

Durante la investigación y desarrollo de los productos en el laboratorio se deben mantener todas las medidas de prevención y utilizar el principio de precaución durante todo el proceso.

Durante el proceso de fabricación, la exposición puede ocurrir debido a la formación de aerosoles en operaciones como la sonicación (acto de aplicación de la energía del sonido (generalmente ultrasonidos) para agitar las partículas de una muestra) o la pulverización de la suspensión, la limpieza de los equipos y la recogida de derrames o la recuperación del producto en forma de polvo. Una vez sintetizado el nanomaterial, puede ser necesaria la realización de operaciones posteriores como: caracterización, purificación o modificación por adición de un recubrimiento superficial. En estas operaciones, las exposiciones pueden darse principalmente en la manipulación del material en forma de polvo, en la pesada o en el vertido del material. Los nanomateriales pueden comercializarse en forma de disolución líquida o en forma de polvo. Durante las operaciones de envasado las exposiciones pueden tener lugar durante las tareas relacionadas con la manipulación del material, como puede ser la pesada, la mezcla, el tamizado o el envasado del producto.

Incorporación al producto intermedio o final

Las exposiciones pueden originarse principalmente por la manipulación del nanomaterial en forma de polvo, en la carga de ingredientes en las tolvas, y también en operaciones de pesada, mezcla, molienda, tamizado o vertido.

Utilización profesional de estos productos

Es necesario considerar que el uso profesional de productos que contienen nanomateriales podría dar lugar a una liberación de partículas de tamaño nanométrico. La liberación de nanopartículas dependerá de cómo estén unidos los nanomateriales a la matriz del producto y de las operaciones realizadas. Por ejemplo, un pintor deberá tener en consideración si la pintura que aplica tiene nanopartículas y las medidas específicas de prevención a aplicar que deberán especificarse en la ficha de seguridad química y en la etiqueta.

Operaciones de mantenimiento y limpieza

Los trabajadores de mantenimiento y limpieza pueden estar expuestos a nanomateriales procedentes de los productos que se utilizan en la producción, de los equipos e instalaciones que se encargan de mantener, de los depositados en las superficies de trabajo, así como de los que se pueden generar en operaciones inherentes al propio mantenimiento, por ejemplo: limpieza, corte, molienda o pulido de equipos o bienes contaminados con nanomateriales.

Eliminación de los residuos

Los productos que han llegado al final de su vida útil o que van a ser desechados por cualquier otro motivo así como los materiales contaminados durante el proceso (Equipos de Protección Individual (EPI), filtros de sistemas de extracción, material de limpieza, etc.) se han de tratar como residuos peligrosos, cumpliendo con los requisitos de la legislación aplicable de residuos.

La exposición a partículas nanométricas puede producirse tanto durante las operaciones realizadas sobre el residuo en el propio centro de producción (envasado, etiquetado y almacenamiento), como en las etapas de gestión del residuo; reutilización, reciclado, otras operaciones de valorización (reaprovechamiento del residuo) o eliminación, especialmente en aquellas actividades que supongan generación de polvo procedente de estos residuos.

5. Riesgos para la salud de las nanopartículas

Como con cualquier nuevo material, en el caso de los nanomateriales los datos científicos de los efectos sobre la salud y seguridad de los trabajadores son, en general, escasos. Por ello, y dados los conocimientos existentes, un aspecto importante 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, tal y como hemos explicado, conforme disminuye el tamaño de las partículas, aumenta el área superficial específica y por tanto su reactividad. Debido al aumento de ésta, 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 interaccionar 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. Por lo tanto, los riesgos asociados a los nanomateriales van a estar principalmente relacionados con el tamaño de partícula.

Los nanomateriales manufacturados presentan unas propiedades específicas que hacen que sean de gran interés para la industria. Sin embargo, aún no se conocen con certeza los efectos que pueden tener para la salud de los seres vivos.

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 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. Composición química, solubilidad en fluidos biológicos, tamaño y área superficial específica, forma, estructura cristalina, estado de aglomeración.

Los **procesos que sufren las partículas en el organismo** son:

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

La distribución a los distintos órganos puede verse afectada por una propiedad específica y exclusiva que presentan algunos nanomateriales denominada **translocación**, que consiste en la capacidad de atravesar las barreras biológicas sin perder su integridad. Así, 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 las partículas de mayor tamaño. Por ejemplo, una nanopartícula de oro puede llegar al cerebro por el nervio olfatorio.

Vias de entrada al organismo

La **vía inhalatoria** es la principal vía de entrada de los nanomateriales en el organismo, como lo es en general para la gran mayoría de los agentes químicos, y desde el punto de vista de salud laboral, es la más preocupante. Asimismo, una vez que son inhalados, pueden depositarse en las diferentes regiones

del tracto respiratorio o ser exhalados. La deposición de las partículas en el tracto respiratorio no es uniforme, sino que depende de su tamaño.

La distribución y eliminación de las partículas inhaladas están afectadas principalmente por su solubilidad en los fluidos biológicos y por la zona del tracto respiratorio en la que se encuentren depositadas.

- **Partículas solubles** de tamaño nanométrico se comportan igual que las partículas solubles de mayor tamaño, disolviéndose en los fluidos biológicos del tracto respiratorio. Una vez disueltos sus constituyentes, estos se distribuyen en el organismo y se eliminan a través de las vías habituales, dependiendo de si se acumulan o no.
- **Partículas insolubles o poco solubles** depositadas en las vías respiratorias superiores o en la región traqueobronquial se pueden eliminar mediante transporte mucociliar (sistema de defensa donde mediante la mucosidad se expulsan los cuerpos extraños al exterior), mientras que las depositadas en la zona alveolar se pueden eliminar mediante fagocitosis (sistema de defensa por el cual los fagocitos que pertenecen al sistema inmunitario capturan y digieren partículas nocivas). La fagocitosis varía en función del tamaño y la forma de la partícula.
- **Nanomateriales que se presentan en forma de fibra**, cuya longitud es superior a 15 μm y se depositan en la zona distal del pulmón, no pueden ser fagocitados y pueden generar efectos adversos similares a los relacionados con otras fibras nocivas como por ejemplo el amianto.
- **Partículas nanométricas insolubles o poco solubles**, a diferencia de las partículas de mayor tamaño, presentan la característica singular de que debido a su pequeño tamaño pueden atravesar las membranas biológicas manteniendo su integridad y migrar a diferentes partes del organismo.

La **vía dérmica** es una posible vía de entrada de los nanomateriales en el organismo. Los factores a considerar son la zona y las condiciones de la piel ex-

puesta así como las propiedades fisicoquímicas del nanomaterial. Algunos estudios muestran que partículas de tamaño igual o inferior a 40 nm pueden penetrar el estrato córneo (capa más externa de la piel) de una piel íntegra. Por otra parte, las partículas de forma esférica tienen mayor capacidad de penetración que las de forma de elipse.

La **vía digestiva** es la vía de entrada menos probable y principalmente está asociada a la falta de medidas higiénicas durante la manipulación de nanomateriales. También, las partículas depositadas en las vías superiores del sistema respiratorio pueden pasar al sistema digestivo por un mecanismo de aclaramiento mucociliar y posterior deglución.

Efectos para la salud

La información de la que se dispone sobre los efectos de los nanomateriales para la salud en humanos es limitada. Los estudios toxicológicos con animales realizados hasta la fecha no permiten alcanzar resultados concluyentes y los datos epidemiológicos relacionados con los efectos toxicológicos de los nanomateriales en condiciones reales son escasos a pesar de que algunos nanomateriales se vienen utilizando desde hace tiempo.

Los efectos adversos más importantes de los nanomateriales observados en estudios in-vivo realizados en animales y a altas dosis, se manifiestan en los pulmones e incluyen entre otros, inflamación, daños en los tejidos, fibrosis y generación de tumores. Asimismo, también se describen efectos en el sistema cardiovascular. Además, diversos estudios realizados en ratas indican que algunos nanomateriales pueden alcanzar otros órganos y tejidos, como el hígado, los riñones, el corazón, el cerebro, el esqueleto y diversos tejidos blandos.

Algunos nanomateriales, entre los que se encuentran el negro de humo y el dióxido de titanio, han sido clasificados como «posiblemente carcinógeno pa-

ra los seres humanos» (grupo 2B) por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) en base a los estudios realizados con animales.

Se ha demostrado que los nanotubos de carbono, de longitud, diámetro y biopersistencia comparables a los del amianto, pueden inducir efectos similares a los que produce éste, con reacciones inflamatorias y fibróticas.

6. Riesgos para la seguridad: riesgos de incendio y explosión

A pesar de que existe muy poca información respecto de los peligros para la seguridad que pueden entrañar los nanomateriales, la bibliografía consultada coincide en afirmar que los riesgos que más preocupación suscitan son los de incendio y de explosión. Influyen en ellos el tamaño de las partículas que posibilita su permanencia en el aire durante más tiempo y su mayor área superficial específica.

Es bien conocido que las nubes de polvo de partículas de tamaño nanométrico de ciertos metales fácilmente oxidables como el aluminio constituyen un claro peligro de incendio y explosión. Sin embargo, es comprometido hacer predicciones sobre la inflamabilidad y el potencial explosivo de las nubes de polvo de partículas de tamaño nanométrico debido básicamente a que, además de que hay pocos datos para el tamaño de particula de interés y a que se han investigado pocos nanomateriales, las pruebas y métodos no están normalizados, lo que hace inviable en la práctica el uso de los datos a efectos comparativos.

Se debería 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.

Asimismo, no se pueden descartar otros riesgos en situaciones de trabajo concretas como es el caso de la generación de plasma mediante el uso de electricidad, en la que se documenta un mayor nivel de riesgo de electrocución, o de asfixia en el caso de operaciones con posibilidad de fuga de gases inertes.

7. Evaluación de riesgos de nanomateriales

Los principios generales de la gestión preventiva, establecen que las actuaciones deberán ir encaminadas 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 en el marco de la legislación laboral y con las orientaciones que puedan proporcionar organizaciones de reconocido prestigio.

Por tanto, en primer lugar se ha de comprobar que la nanopartícula no se pueda substituir por una substancia de menor riesgo.

El planteamiento para abordar la evaluación de riesgos de nanomateriales sería el utilizado habitualmente para los agentes químicos.

Según un informe de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA), en línea con otras muchas publicaciones, parece que los actuales principios de valoración de riesgos son, en general, apropiados. Hay lagunas en la información necesaria para la evaluación de riesgos por lo que es esencial recoger la máxima información posible sobre los materiales, los procesos y los trabajadores potencialmente expuestos, documentarla y conservarla durante el mayor tiempo posible y, como mínimo, lo requerido por la legislación aplicable. A continuación se indican las distintas fases de la evaluación:

7.1. Identificación de peligros

Es necesario por lo tanto determinar, caso por caso y recabando toda la información necesaria, si hay presencia de nanomateriales y los peligros que presentan estos materiales nanométricos para los trabajadores.

Ante lo limitado de las informaciones disponibles en la actualidad, la recogida de información para identificar los peligros se debería centrar en la búsqueda de datos sobre sus características y propiedades físicoquímicas. La información se puede obtener de las etiquetas (pictogramas), fichas de datos de seguridad, recomendaciones de la Comisión Europea, los valores límite de exposición profesional y otras fuentes como bases de datos o literatura científica.

Puede ocurrir que la información de la ficha de datos de seguridad no aporte datos de la sustancia en la escala nanométrica, que los datos correspondan a otras formas alotrópicas (un mismo elemento químico pero con diferentes propiedades solo por la forma en la que están ordenados sus átomos. Ejemplo: carbono que puede ser grafeno, grafito, diamante o nanotubos) o bien que carezca o sea insuficiente la información sobre las características fisicoquímicas. En estos casos, los empresarios deberían solicitar a los proveedores o fabricantes la información necesaria y suficiente para permitir al menos una caracterización parcial de los nanomateriales y su perfil de riesgo potencial. La información que se recomienda obtener es la siguiente:

- 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 y en relación con la aplicabilidad de los criterios de la OMS),
- modificación en superficie de los nanomateriales,
- biopersistencia, solubilidad en agua o medios biológicos,
- datos sobre capacidad de emisión de polvo del producto y
- datos sobre inflamabilidad.

En caso de duda o falta de información, para poder llevar a cabo la evaluación de riesgos, se adoptará un enfoque razonable basado en el «principio de precaución», es decir: 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 no nano, esta circunstancia deberá quedar claramente reflejada en la evaluación de riesgos.

Por otra parte, la información recogida sobre los peligros potenciales de los nanomateriales debe ser evaluada en términos de cantidad y calidad, pero se admite y es razonable suponer que todos los nanomateriales identificados tienen un peligro potencial igual o mayor que el de las presentaciones no nano. Así, si la forma no nano de una sustancia está clasificada como carcinógeno, mutágeno, tóxico para la reproducción, sensibilizante o con otra toxicidad significativa, se debe suponer que la forma nano mostrará también estas propiedades a menos que se demuestre lo contrario.

7.2. Estimación y valoración de los riesgos

Para la estimación de los riesgos para la salud es clave un conocimiento detallado de la exposición potencial de los trabajadores. La información que se debería recabar para caracterizar la exposición sería, al menos, la siguiente:

- cuáles son los procesos que pueden conducir a la liberación de partículas nanométricas en el aire o a su deposición sobre las superficies de trabajo. Especialmente deben considerarse operaciones como corte, trituración, abrasión u otra liberación mecánica de nanopartículas o materiales que contengan nanopartículas;
- las tareas en las que se puede dar la exposición;
- las cantidades manipuladas;
- cuál es el estado físico de los nanomateriales en cada etapa del proceso, (polvo, suspensión o líquido, vinculado a otros materiales);
- quiénes pueden estar expuestos en cada tarea y los factores individuales, como es su estado de salud y susceptibilidad personal, el sexo, la situación de embarazo y lactancia natural en las trabajadoras o los hábitos personales;

- cuáles son las posibles vías de entrada;
- cuál es la frecuencia de la probable exposición;
- a qué concentraciones y durante cuánto tiempo están expuestos (cuando sea posible y hasta donde los medios actuales lo permiten); y
- las 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.).

La metodología de evaluación a utilizar, que dependerá de los datos recogidos y de los medios disponibles, podrá ser cualitativa o cuantitativa, y preferentemente una combinación de ambas. Para llevarla a cabo existen herramientas que pueden ser genéricas o más específicas, por actividad y riesgo. Siempre que sea posible es conveniente evaluar de forma cuantitativa la naturaleza, magnitud y probabilidad de los riesgos identificados. En este sentido, se han desarrollado diversas estrategias de medida con un enfoque escalonado en fases de complejidad creciente, que combinan las lecturas directas de los parámetros de medida con la recogida de muestras sobre filtro y su análisis posterior.

Asimismo, si se dispone de mediciones cuantitativas, la exposición se podría evaluar a partir de la estimación o valoración de riesgos debería considerados a juicio y criterio profesional.

En el caso de haber identificado la presencia de nanomateriales que pueden 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 su caso se designarán las áreas de riesgo y se clasificarán en zonas en función de la frecuencia y duración de la posible atmósfera explosiva.

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.

Por otra parte, aunque el nivel de riesgo pueda variar de la escala micro a la escala nano, las tecnologías y métodos de control a utilizar pueden ser los mismos que se aplican habitualmente frente al riesgo en el caso de materiales pulverulentos, teniendo especial precaución en el caso de polvos metálicos fácilmente oxidables.

Para priorizar la actuación preventiva se debería tener en cuenta la gravedad del daño para la salud (factor prioritario y del que, dada la limitada información disponible, se considerará como mínimo la gravedad de las formas no nano), el número de trabajadores que podrían estar expuestos, los riesgos que se pueden materializar en un plazo breve y los riesgos que pueden ser tratados más fácilmente.

La evaluación de la exposición a nanomateriales no se puede realizar tal como se lleva a cabo de forma habitual para los agentes químicos debido, entre otras razones, a la falta de VLA (valores límites ambientales) específicos para los mismos, aunque existen equipos que realizan mediciones del número de partículas, del área superficial o de la masa de las partículas en el aire. No obstante, estas mediciones permitirían hacer estimaciones de los niveles de exposición en función de los distintos parámetros de medida así como su seguimiento a lo largo del tiempo, permitirían también identificar las fuentes de emisión de partículas nanométricas y evaluar la eficacia de las medidas de control técnicas adoptadas.

Una vez implementadas las medidas de control se debe comprobar su adecuación 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.

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 relacionados con los nanomateriales (riesgos para la salud y la seguridad, metodologías de evaluación, medidas preventivas, etc.) con la frecuencia que sea necesaria.

8. Medidas de prevención

La exposición a nanomateriales puede suponer un riesgo para los trabajadores expuestos por lo que se deberán tomar las medidas preventivas adecuadas para eliminar o reducir la exposición siguiendo una jerarquía de control bien establecida (eliminación-sustitución-modificación-confinamiento-ventilación-medidas organizativas-protección personal).

Las medidas preventivas a implementar deben adaptarse a cada situación de trabajo en función de los nanomateriales manejados y de la información disponible relativa a la exposición. Por tanto, para seleccionar estas medidas se tendrá que conocer bien el tipo de proceso, las características del nanomaterial o nanomateriales presentes, las exposiciones potenciales (frecuencia y duración de operaciones), los procedimientos, las características del lugar de trabajo, etc.

El establecimiento de las medidas preventivas, conforme a los principios generales de la acción preventiva, deberá realizarse eligiendo en primer lugar medidas que combatan el riesgo en el origen, es decir, en la fuente de emisión; posteriormente medidas para evitar la transmisión y dispersión; y, por último, medidas de protección sobre el trabajador. En las operaciones en que están implicados nanomateriales, es muy probable que sea necesaria una combinación de medidas técnicas y organizativas para conseguir una eficaz protección de la seguridad y salud de los trabajadores.

Prevención en la fase de diseño

A modo de ejemplo, algunas de las medidas que se pueden plantear cuando se diseña el proceso son:

- limitar las cantidades de nanomaterial (producir según consumo);

- desarrollar los procesos con bajos niveles de energía, es decir, reducir los procesos abrasivos, trabajar a presiones más bajas, emplear temperaturas medias, etc., todo ello para disminuir la liberación del nanomaterial;
- emplear sistemas de seguridad en el proceso, por ejemplo: válvulas de seguridad, liberadores de presión, ...;
- diseñar procesos cerrados, evitando la carga y descarga manual y el transporte del nanomaterial a lo largo del proceso;
- aislar y automatizar los procesos de fabricación y utilización que puedan suponer una liberación de nano-materiales.

Además de las medidas indicadas, se recomienda prestar especial atención a posibles exposiciones que puedan darse durante las tareas de mantenimiento y limpieza, en zonas no accesibles durante el funcionamiento normal, pero sí en este tipo de operaciones. Por ejemplo: cuando tras la fase de producción de algunos nanomateriales sea necesaria la apertura del reactor para recoger el nanomaterial que queda adherido a las paredes de éste.

Eliminación/sustitución

Los potenciales riesgos de los nanomateriales pueden eliminarse bien evitando su uso, o reemplazando el nanomaterial por uno menos peligroso, teniendo en cuenta las características y condiciones de uso para asegurarse de que el riesgo se ha reducido. La guía de la Comisión Europea «Orientación sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos potenciales relacionados con nanomateriales en el trabajo» indica que si el material está clasificado como cancerígeno o mutágeno, tanto en la escala nano como en la macro, su eliminación o sustitución debería ser prioritaria.

Aislamiento/confinamiento

Es recomendable que las operaciones que impliquen una potencial liberación de nanomateriales en el lugar de trabajo se realicen en instalaciones inde-

pendientes o en instalaciones en las que la manipulación se realice desde un área protegida.

Medidas técnicas de control

Son una alternativa dirigidas a reducir la emisión del contaminante en la fuente, capturarlo o formar una barrera entre la fuente y el trabajador. Entre las medidas técnicas de control se encuentran las cabinas y otros sistemas de extracción localizada.

También, se pueden emplear alfombras adherentes para evitar la dispersión de los nanomateriales fuera de las áreas de uso.

Medidas organizativas

Este tipo de medidas no se deben usar de forma aislada, sino que se deben desarrollar de manera conjunta y paralela al resto de medidas técnicas.

- **Limitar la exposición** reduciendo al mínimo el número de trabajadores 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. A pesar de no existir una señal armonizada para indicar la presencia de nanomateriales, algunas organizaciones europeas de reconocido prestigio han propuesto una señalización de la presencia de nanomateriales en los lugares de trabajo.
- **Formar e informar** regularmente a los trabajadores expuestos de los riesgos potenciales, así como de las medidas preventivas a adoptar. Las instrucciones deben ser claras tanto en lo referente a los potenciales problemas de salud como a la importancia de tomar las precauciones ne-

cesarias para evitar o minimizar la exposición. Además, cada trabajador debe ser consciente de su responsabilidad de informar de cualquier defecto o deficiencia en las medidas de control, siendo aconsejable que se les facilite la posibilidad de sugerir mejoras.

- **Orden y limpieza.** Mantener el local de trabajo en correctas condiciones. Limpiar regularmente suelos, equipos, herramientas y superficies de trabajo utilizando paños húmedos o aspiradora equipada con filtro «absoluto» de aire de muy alta eficacia. No se debe utilizar aire a presión, escobas, cepillos ni chorros de agua potentes. Los trabajadores que realicen las labores de limpieza han de estar debidamente capacitados, disponer de los EPI adecuados y seguir los procedimientos establecidos.
- **Medidas y protocolos en caso de derrames accidentales.** Por ejemplo: en caso de una liberación accidental por un derrame de polvo, todas las personas deben ser evacuadas y la zona del accidente estará restringida hasta que se haya procedido a su limpieza por personal entrenado y debidamente protegido con los EPI detallados en el correspondiente procedimiento.
- **Almacenamiento de nanomateriales.** Establecer pautas específicas tanto si están en disolución como en forma de polvo. Almacenar los productos en contenedores, preferiblemente rígidos, impermeables, cerrados y etiquetados. En la etiqueta se indicará la presencia de nanomateriales y los peligros potencialmente asociados. El almacenamiento debe realizarse en locales frescos, bien ventilados y lejos de fuentes de calor, ignición o productos inflamables.
- **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 (si la limpieza la realiza una empresa externa, se le debe informar de los productos utilizados. En

ningún caso se permitirá que el trabajador lleve la ropa de trabajo a limpiar a su domicilio);
  - poner a disposición de los trabajadores duchas y lavabos;
  - prohibir comer y beber salvo en las zonas reservadas para ello, siguiendo unas estrictas medidas de higiene personal.
- **Medidas contra el riesgo de incendio y explosión.** Se deberán adoptar medidas técnicas de protección adecuadas como:
  - disponer de instalaciones eléctricas antiexplosivas y equipos eléctricos protegidos frente al polvo y, en su caso, estancos a vapores;
  - utilizar equipos intrínsecamente seguros;
  - evitar situaciones en las que se pueda generar electricidad estática; evitar las fuentes de ignición; utilizar ropa y en especial calzado antiestático;
  - manipular y almacenar los nanomateriales en atmósferas controladas, así como medidas encaminadas a atenuar los efectos de una potencial explosión.
- **Equipos de protección individual:** cuando esté justificado, y en combinación con otras medidas de carácter técnico.
  - Guantes para evitar la exposición dérmica cuando se manipulen nanopartículas en estado sólido, en solución en un líquido o en fase gas. Existen tres categorías de guantes de protección I, II y III, para proteger frente a la exposición dérmica a nanopartículas será necesaria la categoría III, que protege frente a riesgo químico. Los guantes deben acreditar el estándar de protección que se establece en las normas sobre guantes de protección contra productos químicos y microorganismos UNE-EN 374-1, 374-2 y 374-3, en cuanto a penetración de aire o agua y permeabilidad (existiendo un índice de protección de 1 a 6 en función del tiempo de paso del producto químico medido en minutos, de 10 a 480 minutos; cuanto más elevado es el índice, más resistente es el guante a la permeación). Se recomiendan guantes largos que protejan hasta la altura del codo.

  - Protección respiratoria: se deberá utilizar una mascarilla provista de un filtro de partículas de clase 3 (FFP3, la clase de un filtro de partículas indica su eficacia en la filtración de partículas Clase 1: 80%; Clase 2: 94%; Clase 3: 99,95%).
  - Gafas de protección para evitar salpicaduras o entrada de nanopartículas en los ojos.
- **Gestión de residuos:** se deben gestionar como peligrosos los restos de nanomateriales puros, las suspensiones liquidas 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:
  - Clasificarlos según compatibilidad para poder segregarlos.
  - Situar 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 al menos 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.
  - Almacenarlos en locales bien ventilados evitando fuentes de calor, ignición y productos inflamables.
  - Gestionar la retirada y el transporte por un gestor autorizado. Para la elaboración del procedimiento interno de gestión de residuos se tomarán en consideración las indicaciones aportadas por el gestor contratado.
  - Acordar con el gestor la retirada de los residuos del almacenamiento provisional con una periodicidad no superior a seis meses.

9. Vigilancia de la salud

Actualmente no existe suficiente evidencia científica y médica para recomendar un determinado reconocimiento específico médico de los trabajadores potencialmente expuestos a las nanopartículas artificiales. Sin embargo, en vistas a tomar precauciones complementarias a las medidas preventivas técnicas y organizativas, la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a nanopartículas puede dar información importante para conseguir un mejor control de los efectos de la exposición sobre el trabajador y obtener información que nos puede servir para evaluar la aplicación de las medidas preventivas.

Cuando las nanopartículas sean de una sustancia química para la que existen protocolos específicos de vigilancia de la salud, se seguirá el protocolo específico. Siendo necesario que el médico de vigilancia de la salud tenga presente que al pasar a escala nanométrica cambian sus propiedades físico-químicas y de toxicidad, con el fin interpretar adecuadamente los resultados en los informes de los exámenes de salud.

Todavía se están realizando investigaciones sobre los peligros de las nanopartículas y falta por determinar la necesidad de un reconocimiento médico específico, y en caso de ser necesario establecer el contenido del mismo. Mientras tanto, la realización de la vigilancia de la salud, de los trabajadores expuestos a las nanopartículas artificiales en el transcurso de su trabajo, deberá seguir los protocolos existentes hasta que se establezca, en su caso, un protocolo de vigilancia de la salud específico para evaluar los riesgos de exposición a nanopartículas.

Hasta el momento, en España, no hay disponible información sobre recomendaciones para vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a nanopartículas artificiales. El interés de los países por avanzar en el

conocimiento de los efectos en las personas y en el medioambiente de las nanopartículas manufarturadas es elevado. Tanto la Unión Europea como Estados Unidos han revisado la información disponible sobre los bioefectos de las nanopartículas sintéticas, con el fin de elaborar estrategias de prevención pese a las incertidumbres actuales existentes. Los estudios realizados han concluido que existe suficiente información para considerar las nanopartículas manufacturadas como un potencial riesgo para la salud de los trabajadores, por lo que creen necesario realizar estrategias para proteger a este grupo de trabajadores, aunque falte todavía información para caracterizar mejor los riesgos y efectos para la salud.

En los Estados Unidos, el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), a principios del año 2009, publicó una Guía provisional para los exámenes médicos y la vigilancia de riesgos para los trabajadores potencialmente expuestos a nanopartículas sintéticas. Este documento actualiza y sintetiza la evidencia respecto a bioefectos en la salud asociados a nanopartículas y ofrece recomendaciones para la vigilancia de la salud en este grupo de trabajadores.

En dicha publicación NIOSH propone un programa para la vigilancia de la salud de trabajadores expuestos a nanopartículas manufacturadas. Asimismo plantea una serie de preguntas que deberían ser respondidas al efectuar un programa de 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 los trabajadores en reconocimiento de síntomas tras exposiciones a nanopartículas.
6. Reporte médico de hallazgos clínicos.
7. Acciones del empresario 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 se puede estar expuesto en el lugar de trabajo?
2. ¿Existen métodos estandarizados, fiables y prácticos disponibles para la medición de la exposición de los trabajadores 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 expuestos los trabajadores 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 los trabajadores?
8. ¿Qué trabajos son más susceptibles de causar la exposición a los trabajadores?
9. ¿Qué efectos para la salud de los trabajadores 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

El monitoreo biológico (análisis de sangre, orina, etc.) es considerado el referente para la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a sustancias tóxicas y nos indica el nivel de exposición del trabajador a determinada sustancia tóxica. Lo ideal es aplicar el monitoreo biológico para detectar las etapas precoces de una patología.

No existe una sóla nanomateria, al contrario, hay gran diversidad de tipos de nanopartículas, lo que constituye un reto en la búsqueda de un método de monitoreo biológico que reúna las condiciones exigidas como tal. No obstante, en caso de existir una prueba de monitoreo biológico para la sustancia original de donde derivan las nanopartículas, se debería incorporar esa misma prueba a los protocolos de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos.

Sería recomendable, de cara a facilitar futuros estudios epidemiológicos, **establecer registros de exposición a nanopartículas en las empresas donde exista el riesgo**, mencionando el tipo o tipos de nanopartículas y las diferentes fases de los procesos de producción donde los trabajadores pueden estar expuestos a ellas.

También es recomendable evitar la exposición a nanopartículas a determinadas personas especialmente sensibles, así como trabajadoras embarazadas o en lactancia, ya que está demostrado que las nanopartículas pueden traspasar la placenta.

10. Legislación

Los nanomateriales están cubiertos por el mismo estricto marco normativo que garantiza el uso seguro de todas las sustancias químicas y las mezclas, es decir, los reglamentos REACH y CLP de ámbito europeo. Esto significa que deben evaluarse las propiedades peligrosas de nanoformas de sustancias y que ha de garantizarse su uso seguro, además de aplicar la normativa estatal general como la Ley de Prevención 31/1995, el Real Decreto de cancerígenos, el Real Decreto de riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, etc.

REACH Reglamento (CE) Nº1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre Registro, Evaluación y Autorización de sustancias químicas

El Reglamento REACH tiene por objeto mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los riesgos que pueden presentar las sustancias químicas. En principio, el ámbito de aplicación de REACH se extiende a todas las sustancias químicas; no sólo las utilizadas en procesos industriales, sino también en nuestra vida diaria, como los productos de limpieza, las pinturas u artículos como ropa, muebles y dispositivos eléctricos. Por tanto, la normativa afecta a la mayoría de las empresas de la UE.

REACH crea un registro obligatorio de substancias químicas y establece procedimientos para la recopilación y la valoración de información sobre las propiedades y los peligros de las sustancias.

Las empresas están obligadas a registrar sus sustancias y para ello deben trabajar conjuntamente con otras empresas que vayan a registrar la misma sustancia.

REACH traslada la carga de la prueba a las empresas. Para cumplir con la normativa, las empresas deben identificar y gestionar los riesgos vinculados a las sustancias que se fabrican y se comercializan en la UE. Las empresas deben demostrar a la ECHA (Agencia Europea de Químicos) cómo puede utilizarse la sustancia con seguridad y deben informar sobre las medidas de gestión del riesgo a los usuarios.

Aunque en REACH o CLP no se contemplan requisitos específicos para los nanomateriales, estos se ajustan a la definición de sustancia de los reglamentos y, por tanto, se deben aplicar sus disposiciones.

El Reglamento (CE) n.º 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas se basa en el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de clasificación y etiquetado de productos químicos de las Naciones Unidas y su propósito es garantizar un elevado grado de protección de la salud y el medio ambiente, así como la libertad de circulación de las sustancias, las mezclas y los artículos.

CLP. Reglamento (CE) Nº 1272/2008 sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de sustancias y mezclas

Uno de los principales objetivos del Reglamento CLP consiste en determinar si una sustancia o mezcla muestra propiedades que den lugar a su clasificación como sustancia peligrosa. En este contexto, la clasificación es el punto de partida para la comunicación del peligro. El Reglamento CLP establece criterios detallados para los elementos de etiquetado: pictogramas, palabras de advertencia e indicaciones estándar de peligro, prevención, respuesta, conservación y eliminación, para todas las clases y categorías de peligro. Asimismo, establece las normas generales de envasado, para velar por el suministro seguro de sustancias y mezclas peligrosas.

Una vez clasificada la sustancia o la mezcla, los peligros identificados deben comunicarse a los otros agentes de la cadena de suministro, incluidos los consumidores. El etiquetado de peligros permite la comunicación de la clasificación del peligro al usuario de una sustancia o mezcla, mediante etiquetas y fichas de datos de seguridad, para alertarle de la presencia de un peligro y de la necesidad de gestionar los riesgos asociados. Se debe tenir en cuenta que un mismo producto puede tenir dos fichas de Seguridad química, una para su forma habitual y otra para la nanoforma como por ejemplo, dióxido de titanio.

Los nanomateriales que cumplen los criterios de clasificación como peligrosos según el Reglamento 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado (CLP) de sustancias y mezclas deben clasificarse y etiquetarse. Esto se aplica a los nanomateriales como sustancias por derecho propio, o a los nanomateriales como formas especiales de la sustancia. Muchas de las disposiciones relacionadas, incluidas las fichas de datos de seguridad y la clasificación y el etiquetado, ya se aplican hoy en día, independientemente del tonelaje en que se fabrican o importan las sustancias.

Cosmética

Los cosméticos comercializados en la UE están regulados por el Reglamento sobre los productos cosméticos. El Reglamento proporciona un marco seguro y establece un sistema central de notificación para los productos cosméticos comercializados en la UE. Deberán autorizarse explícitamente los colorantes, los conservantes y los filtros ultravioletas, incluidos aquellos que son nanomateriales.

Los fabricantes, importadores o terceras partes designadas deben registrar sus cosméticos a través del Portal de Notificación de los Productos Cosméticos (PNPC). Si un producto contiene nanomateriales, el notificador debe identifi-

car el nanomaterial y especificar la probable ruta por la que la persona puede verse expuesta a él.

Biocidas

El Reglamento sobre productos biocidas (BPR) establece disposiciones específicas para los nanomateriales. Estas disposiciones se aplican a los productos y las sustancias que cumplen los criterios definidos en el Reglamento de biocidas. Dichas definiciones se basan en las recomendaciones de la Comisión sobre la definición de nanomaterial.

Estas disposiciones se aplican a sustancias activas y no activas que presentan las siguientes características:

- El 50 % o más de las partículas tienen un tamaño comprendido entre 1 y 100 nm en al menos una dimensión.
- Las partículas se encuentran sueltas o formando un agregado o aglomerado.

De conformidad con el Reglamento de biocidas, la aprobación de la sustancia activa no incluye la nanoforma de la sustancia activa a menos que se indique explícitamente. En el caso de las nanoformas de las sustancias activas debe prepararse normalmente un expediente independiente con todos los requisitos sobre los datos.

Cuando en un biocida se utilizan sustancias activas y no activas, será necesario realizar una evaluación específica de los riesgos. En la etiqueta del biocida debe figurar el nombre de cada nanomaterial seguido de la palabra «nano» entre paréntesis. Los productos que contengan nanomateriales quedarán excluidos del procedimiento de autorización simplificado.

Registros

Europa y otros países han desarrollado iniciativas de información específicas, desde registros obligatorios sistemas de notificación voluntaria. Francia es el primer Estado miembro que ha implementado un sistema de notificación obligatoria; y Bélgica y Dinamarca han aprobado recientemente las propuestas legislativas para los registros obligatorios.

La Comisión Europea está reflexionando sobre la mejora de las medidas de transparencia aplicables a los nanomateriales. Se ha hecho una consulta pública sobre la idoneidad de la creación de un registro de nanomateriales europeo (5) (13 / 5-5 / 08-2014), a empresas, autoridades públicas, científicos, asociaciones, consumidores y cualquier otro interesado.

El objetivo es asegurar la disponibilidad de información suficiente sobre la presencia de nanomateriales en el mercado para dar una respuesta adecuada a los riesgos que pueden presentar para la salud o el medio ambiente y para facilitar la elección adecuada del consumidor así como su protección.

11. Derechos de los trabajadores

La empresa tiene la obligación de informar a las personas trabajadoras sobre los riesgos que suponen para su salud cada una de las sustancias a las que puede encontrarse expuesto. En el caso de las nanopartículas se desconocen los daños a la salud que pueden causar, pero se les ha de informar que debido a la falta de información y en vistas a evitar futuros daños en su salud se debe seguir el principio de precaución y considerar que son peligrosas hasta que se demuestre lo contrario.

Así mismo, deberá facilitarles la formación necesaria, suficiente y adecuada para poder detectar los riesgos, conocer el significado de la señalización establecida en el lugar de trabajo (en función del riesgo), y estar en disposición de hacer uso de las medidas preventivas que en cada caso fueran de aplicación.

La información facilitada a las personas trabajadoras deberá incluir el contenido y significado del etiquetado y las fichas de seguridad de las química (FDS) de las nanopartículas. Esta información debe facilitarse a todos los/las trabajadores/as que pudieran estar expuestos y adaptarse especialmente a aquellos/as trabajadores/as inmigrantes o extranjeros, entregándoles copia en un idioma que les sea comprensible y que garantice que dicha información sea comprendida y puedan realizar su trabajo en condiciones de seguridad.

El empresario/a facilitará a cada trabajador/a formación teórica y práctica, en el puesto y en horario de trabajo, sobre los riesgos de la exposición a nanopartículas que sean utilizadas o manipuladas en el centro de trabajo, así como sobre las medidas preventivas, de emergencia y de primeros auxilios que fueran necesarias en cada caso.

Es importante que el empresario/a elabore procedimientos e instrucciones operativas, basándose en los datos contenidos en las FDS, en sus propiedades

físico-químicas y características, junto con información específica del lugar de trabajo.

Estos procedimientos e instrucciones deben ser claros, sencillos, y escritos en un idioma comprensible para los trabajadores/as, indicando las prácticas que deben seguirse en cada caso y el modo de proceder cuando se presenten situaciones de emergencia.

La formación preventiva sobre la manipulación de nanopartículas debe repetirse de forma continuada en el tiempo, para garantizar su efectividad. Es recomendable que se realicen programas anuales de formación y que se realice una revisión y actualización periódica de los sistemas y prácticas de trabajo.
El empresario/a debe permitir la participación y consultar a los Delegados/as de Prevención, sobre los contenidos y periodicidad de los programas de formación e información en materia preventiva.

Como trabajador tienes derecho a:

- Que el empresario vigile por tu salud y tu seguridad en el desarrollo de tu trabajo.
- Ser formado e informado sobre la prevención de los riesgos a los que estás expuesto.
- Participar en los programas de evaluación y prevención de la empresa.
- Tener a tu disposición los equipos de protección individual cuando se requieran.

Y debes:

- Utilizar la protección individual que la empresa te proporcione.
- Cumplir con las normas internas y procedimientos de trabajo.
- Colaborar realizándote los reconocimientos médicos específicos, para facilitar el control y la vigilancia de tu salud.

12. Actuación del/de la delegado/a de prevención

Como Delegado/a de Prevención ¿Qué debes hacer cuando crees que existe un riesgo de exposición a nanopartículas?

1. Localiza el problema: Si es general en el centro de trabajo, o hay unas zonas concretas, o unos trabajadores afectados.

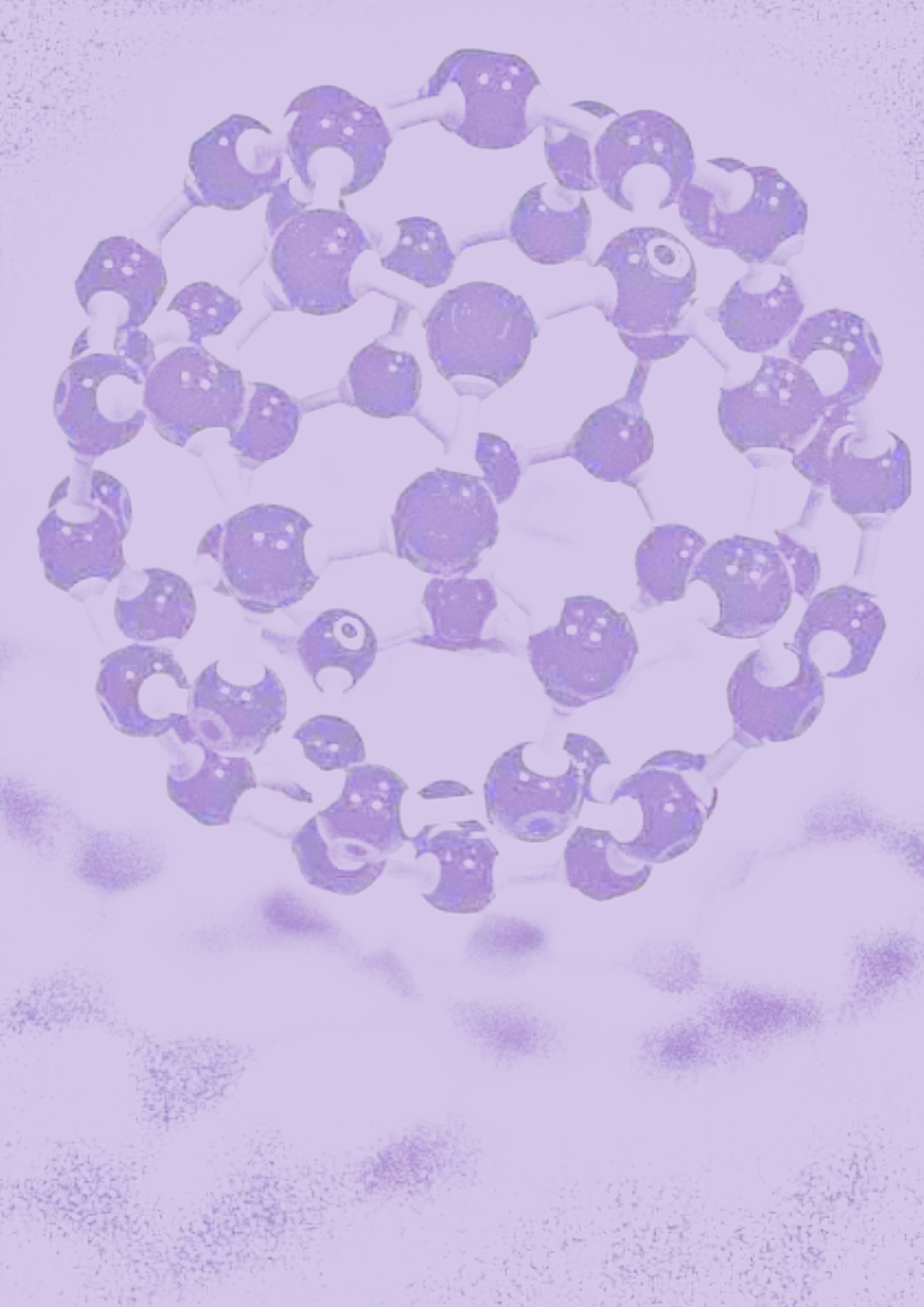
2. Plantea el problema a la persona encargada: Al empresario o a la persona responsable de la prevención de riesgos laborales en tu empresa. Siempre es mejor comunicar que se ha detectado un posible riesgo por escrito, para dejar constancia de tu solicitud y tener prueba de ella si fuera necesario, quédate una copia del escrito firmado y sellado por la empresa, donde conste la fecha de tu solicitud.

Solicita la **información al respecto en la evaluación de riesgos o en informes específicos** (informes de higiene del servicio de prevención), si no se han realizado, solicita que el servicio de prevención valore la necesidad de realizar estudios específicos o evalúe el riesgo de exposición a nanopartículas en el centro de trabajo. Si un riesgo no se detecta a tiempo, puede traer consecuencias graves para la salud de los trabajadores.

3. Exige la adopción de medidas correctoras: La determinación de estas medidas depende de la valoración del riesgo y de las características de tu trabajo. Siempre deben prevalecer las medidas de protección colectivas (en origen, aislamiento, alejamiento del trabajador) ante las individuales (EPI).

4. Fija un plazo de resolución, es una forma de presión para conseguir tu objetivo.

5. Informa a tus compañeros y, en caso de ser necesario, estudia la adopción de otras actuaciones.



13. Bibliografía y páginas web de referencia

Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) 2015

European Union observatory of nanomaterials. Recuperado de https://euon.echa.europa.eu/es/what-kind-of-products-contain-nanomaterials en Abril 2018

Què és la nanotecnologia. Generalitat de Catalunya. Recuperado de: Productos y artículos fabricados con nanomateriales. https://treball.gencat.cat/ca/ambits/seguretat_i_salut_laboral/riscos_i_condicions_treball/mesures_per_risc/nanomaterials/intro/que_es/ en Abril 2018

Nanomateriales: Reach, CLP, biocidas. ECHA (European Chemicals Agency) Recuperado de https://echa.europa.eu/es/regulations/nanomaterials en Abril 2018

Benvinguts a la medicina del futur. Revista Thecknos n.º 220 Febrero 2018.

European Trade Union Confederation (ETUC) resolution on nanotechnologies and nanomaterials. Resolution adopted by the ETUC Executive Committee in their meeting held in Brussels on 24-25 June 2008

ETUC 2nd resolution on nanotechnologies and nanomaterials. Adopted at the Executive Committee on 1-2 December 2010

Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social, de 7 de julio de 2005, «Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009»

Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al Consejo y al comité económico y social europeo, de 17 de junio de 2008, «Aspectos reglamentarios de los nanomateriales»

NIOSH Publication No. 2009-116:Current Intelligence Bulletin 60: Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles

Notas Técnicas de Prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo:

NTP 797: Riesgos asociados a la nanotecnología

NTP 877: Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas

http://www.insht.es

http://ec.europa.eu/health/opinions2/es/nanotecnologias/index.htm

http://www.cdc.gov/niosh

14. Direcciones de interés

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo

www.inssbt.es
Dulcet, 2-10, 08034 Barcelona
Tel. 93 280 01 02

Institut Catalá de Seguretat i Salut Laboral
www.gencat.net/treball

Barcelona
Pl. d'Eusebi Güell, 4-6
08034 Barcelona
Tel. 93 205 50 01

Girona
C. de l'Església de Sant Miquel, 11
17003 Girona
Tel. 972 20 82 16; 972 20 86 62

Lleida
Empresari Josep Segura i Farré, 728-B
(Polígon Industrial El Segre)
25191 Lleida
Tel. 973 20 04 00

Tarragona
Riu Siurana, 29-B (Polígon Camp Clar)
43006 Tarragona
Tel. 977 54 14 55

Inspecció de Treball
www.mtas.es/itss

Barcelona
Travessera de Gràcia, 301-311
08025, Barcelona
Tel. 93 401 30 00

Girona
Álvarez de Castro, 2, 2a
7001 Girona
Tel. 972 20 89 33

Lleida
Riu Besòs, 20, baixos
25007 Lleida
Tel. 973 23 26 41

Tarragona
Av. Vidal i Barraquer, 20, baixos
43005 Tarragona
Tel. 977 23 58 25

ICAMS – Institut Català d'Avaluacions Mèdiques i Sanitàries

Parc Sanitari Pere Virgili, Edifici Puigmal
Av. de l'Hospital Militar, 169-205
08023 Barcelona, Tel. 93 511 94 00

El Vendrell, CAP El Vendrell
Transversal, s/n, 43700
El Vendrell, Tel. 977 66 77 03

Figueres, CAP Alt Empordà
c. Tramuntana, 2
17600 Figueres
Tel. 972 51 12 12

Girona
c. Santa Clara, 33-35
17001 Girona
Tel. 972 94 23 22

Granollers
Cap les Franqueses
c. Girona, 290
08520 Les Franqueses del Vallès
Tel. 93 879 36 32

Lleida
c. Onofre Cerveró, 2
25004 Lleida,
Tel. 973 25 43 61

Manresa
c. Foneria, 2
08243 Manresa,
Tel. 93 874 88 27

Martorell
av. Mancomunitats Comarcals, 9
08760 Martorell
Tel. 93 773 61 58

Olot, CAP Garrotxa
pg. Barcelona s/n
17800 Olot
Tel. 972 26 18 16

Reus, CAP Sant Pere
Camí de Riudoms, 53-55
43202 Reus
Tel. 977 31 25 06

Ripoll, CAP Ripollès
c. Macià Bonaplata, 9
17500 Ripoll
Tel. 972 70 01 59

Sabadell
ctra. Barcelona, 473
08203 Sabadell
Tel. 93 728 44 46

Tarragona, Casa del Mar (ISM)
c. Francesc Bastos, 19, 2n
43005 Tarragona
Tel. 977 21 36 12

Terrassa
c. Guttemberg, 3-15
08224 Terrassa
Tel. 93 788 53 52

Tortosa, CAP Baix Ebre
Avinguda Colom, 16-20
43500 Tortosa
Tel. 977 50 03 11

Vic
pl. de la Divina Pastora, 6
08500 Vic
Tel. 93 889 02 22 (ext. 510)

15. Sedes de UGT de Catalunya

Anoia-Alt Penedès-Garraf,
ugt@apg.ugt.org

Vilanova i la Geltrú
Sant Josep, 5, 08800
93 814 14 40, 93 811 58 87

Igualada
c. de la Virtut, 42-43 3è, 08700
93 803 58 58, 93 805 33 13

Vilafranca del Penedès
pl. del Penedès, 4, 2n pis, 08720
93 890 39 06, 93 817 10 75

Sant Sadurní d'Anoia
pg. de Can Ferrer del Mas 1B, 08770
93 891 19 22, 93 891 19 22

Sitges, c. Rafael Llopart, 31, 08870
93 811 35 16

Bages-Berguedà,
ugt@bagesbergueda.ugt.org

Manresa, pg. de Pere III, 60-62, 08240
93 874 44 11, 93 874 62 61

Berga, rda. Moreta, 23, 08600
93 821 25 52, 93 822 19 21

Baix Llobregat
ugt@baixllobregat.ugt.org

Cornellà, c. Revolt Negre, 12, 08940
93 261 90 09, 93 261 91 34

Martorell
pg. dels Sindicats, 226 C,
Solàrium, 08760
93 775 43 16, 93 776 54 76

Comarques Gironines
ugt@girona.ugt.org

Girona
c. de Miquel Blay, 1, 3a i 4a planta, 17001
972 21 51 58, 972 21 09 76,
972 20 81 71, 972 21 02 95, 972 21 06 41

Figueres
c. del Poeta Marquina, s/n, 17600
972 50 91 15, 972 50 91 15

Olot
av. de la República Argentina, s/n, 17800
972 27 08 32, 972 27 08 32

Palamós, c. de Josep Joan, s/n, 17230
972 60 19 88, 972 60 19 88

Ripoll, c. Remei, 1, 17500
972 71 44 44, 972 71 44 44

Lloret de Mar
c. Costa Carbonell, 40, despatx 1,
Parquing Municipal, 17310
972 37 32 40, 972 37 32 40

L'Hospitalet, ugt@hospitalet.ugt.org

L'Hospitalet
Rambla de Marina, 429-431 bis, 08901
93 338 92 53, 93 261 24 251

Vallès Oriental, ugt@nom.ugt.org

Granollers
Esteva Terrades, 30-32, 08400
93 870 42 58, 93 870 47 02, 93 879 65 17

Mollet del Vallès
c/ de Balmes, 10, 2a planta, 08100
93 579 07 17, 93 579 07 17

Maresme, mataro@catalunya.ugt.org

Mataró, Pl de les Tereses, 17, 08302
93 790 44 46, 93 755 10 17

Barcelonès Nord,
badalona@catalunya.ugt.org

Badalona
Miquel Servet, 211 interior, 08912
93 387 22 66, 93 387 25 12

Osona, osona@catalunya.ugt.org

Vic,
pl. d'Osona,4, 1a, 08500
93 889 55 90, 93 885 24 84

U.T. de Tarragona
ugt@tarragona.ugt.org

Tarragona
c. d'Ixart, 11, 3a i 4a planta, 43003
977 21 31 31, 977 24 54 95,
977 23 42 01

Reus
pl. Villarroel, 2 1a i 2a planta, 43204
977 77 14 14, 977 77 67 09

Valls, pl. del Pati, 14, 2a planta, 43800
977 60 33 04

El Vendrell
c. del Nord, 11 i 13, 1a planta, 43700
977 66 17 51

Montblanc
pl. Poblet i Teixidó, 10, 1a planta, 43400
977 86 28 20

U.T. Terres de l'Ebre
ugt@tortosa.ugt.org

Tortosa
c. de Ciutadella, 13, 1a planta, 43500
977 44 44 56, 977 44 33 81

Móra d'Ebre
pl. de la Democràcia, s/n, 43740
977 40 00 23

Terres de Lleida, tfarre@lleida.ugt.org

Lleida, av. de Catalunya, 2, 25002
973 27 08 01, 973 26 45 11,
973 28 10 15

Mollerussa, c. Lluis de Sabater, 4
Centre Cívic el Passeig, 25700
973 27 0801, 973 35 3164

Tàrrega
c. d'Alonso Martínez, 4, 25300
973 50 00 49, 973 50 00 49

Solsona
Camp del Molí, planta baixa, 25280
973 48 23 05, 973 48 23 05

Vielha, av. de Castiero, 15, 25530
973 64 25 49, 973 64 25 49

La Seu d'Urgell
c. d'Armengol, 47, 25700
973 35 39 03

Vallès Occidental
ugt@vallesocc.ugt.org

Sabadell, Rambla, 73, 08202
93 725 76 77, 93 725 71 54,
93 725 72 22

Terrassa, c. de La Unió, 23, 08221
93 780 93 66, 93 780 97 66, 93 780 91 77

Rubí, c. Cal Princep, 4-6, 08191
93 697 02 51

Secretaria de Política Sindical de la UGT de Catalunya – Salut laboral Oficina Tècnica de Prevenció de Riscos Laborals
otprl@catalunya.ugt.org
www.ugt.cat
Rambla del Raval, 29-35
08001 Barcelona
Tel. 93 304 68 331

UGT