



Universidad de Valladolid

TRABAJO FIN DE GRADO

Nanotecnologías y Prevención de Riesgos Laborales

ALUMNO: DANIEL BLAS PINTO

TUTORA: MARIA PIEDAD LÓPEZ-ROMERO GONZÁLEZ

PALENCIA, JUNIO 2020





Agradecimientos

Este TFG es el colofón a 4 años de formación académica en la Facultad de Ciencias del Trabajo de Palencia, por ello quiero aprovechar el momento para dar las gracias a todas aquellas personas que han estado a mi lado en todo momento, y sobre todo en los difíciles. En estos años, no solo he aprendido contenidos de la carrera, sino que he aprendido muchas cosas desde el punto de vista humano y he crecido como persona.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a mi familia, ya que sin su ayuda y apoyo no hubiera llegado hasta aquí.

También quiero dar las gracias a mi tutora de TFG, Cuca, por su valiosa ayuda a lo largo de todos los estudios del Grado en Relaciones Laborales y Recursos Humanos y de todos estos meses de trabajo en un tema tan novedoso y desconocido como es la nanotecnología.

Así mismo, agradezco a todos los profesores de la Facultad de Ciencias de Trabajo de Palencia, el haberme ofrecido un proceso formativo cercano y personalizado, y por convertir a nuestro centro en un referente nacional.

Por último, quiero dar las gracias a mis compañeros de clase, hoy en día amigos, por el apoyo incondicional y la ayuda en momentos en los que era realmente necesario.



1.- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TFG.....	5
2.- ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA.....	6
2.1.-Contexto internacional.....	10
2.2.- Contexto nacional.....	11
3.-LA NANOTECNOLOGÍA EN LA EMPRESA.....	15
3.1.- Aparición y desarrollo.....	15
3.2.- Situación actual.....	17
3.3.- Campos de aplicación.....	18
4.-PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y NANOTECNOLOGÍAS.....	23
4.1.-Las nanotecnologías como riesgo emergente: riesgos asociados a las nanotecnologías.....	23
4.2.-El marco normativo actual de prevención de riesgos laborales y su aplicación a las nanotecnologías.....	26
4.3.- Nuevos retos en la gestión de los riesgos potenciales para la salud y seguridad de los trabajadores, derivados de las nanotecnologías.....	31
5.- LA IMPORTANCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CRISIS DEL COVID-19.....	33
6.- CONCLUSIONES.....	35
7.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	36
8.-ANEXO LEGISLATIVO.....	40
9.-INDICE DE ILUSTRACIONES.....	42



Resumen

La Prevención de los Riesgos Laborales es una disciplina en constante evolución, y su objetivo es el de promover la salud y seguridad de los trabajadores. La Nanotecnología, que es una tecnología con propiedades especiales y de aplicación en muchos ámbitos, aporta muchas ventajas, como el ahorro de costes o el ahorro en tiempos de ejecución, sin embargo, entraña nuevos riesgos para la sociedad en general y para los trabajadores en particular. Este Trabajo Fin de Grado (TFG) ofrece una visión sobre el paradigma nanotecnológico y su influencia en la industria, así como sobre los principales riesgos que entraña para los trabajadores. Además, se analizan estos riesgos como emergentes y la normativa de prevención de riesgos laborales actual de aplicación, así como los retos futuros sobre su gestión.

Abstract

The Prevention of Occupational Risks is a discipline in constant evolution, with the aim of ensuring the health and safety of workers. The emergence of Nanotechnology is a challenge to manage a discipline in constant development. The new properties offered by this new revolution allow to improve a great amount of products and processes, but they imply risks never studied before. This document offers a vision of the nanotechnology paradigm and its influence on the industry, as well as the main risks it entails for workers, consumers and the environment.

Palabras clave

Prevención, riesgo laboral, nanoseguridad, nanotecnología, nanopartículas, nanomateriales, nanoestructuras

Key words

Prevention, occupational risk, nanosecurity, nanotechnology, nanoparticles, nanomaterials, nanostructures



ABREVIATURAS

AENCNT	Acción de Estrategia de Nanociencia y Nanotecnología
COM	Comunicación de la Comisión Europea
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
DOUE	Diario Oficial de la Unión Europea
EPA	United States Environmental Protection Agency
EPI	Equipo de protección individual
I+D+I	Investigación, Desarrollo e Innovación
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales
OIT	Organización Internacional del Trabajo
REACH	Reglamento de Registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas
RAM	Memoria de Acceso Aleatorio
TFG	Trabajo Fin de Grado
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
TSCA	Chemical Substance Inventory
UE	Unión Europea



1.- INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Uno de los temas que más preocupa en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, es el de los llamados “*riesgos emergentes*”, que son aquellos riesgos nuevos, provocados por razones diversas y que día a día, van en aumento. Dentro de este tipo de riesgos, nos encontramos con los que se derivan de la exposición a los nanomateriales. Como veremos a lo largo de este trabajo, los nanomateriales, que tienen propiedades singulares, se utilizan, en la actualidad, en distintos ámbitos en la sociedad, así por ejemplo en la ingeniería, la medicina y la farmacia. Sin embargo, existe preocupación por los efectos que estos pueden tener sobre la salud.

En una primera parte de este Trabajo Fin de Grado (en adelante TFG), nos adentraremos en el concepto de la nanotecnología y en los distintos procesos de obtención de los nanomateriales, dándole un enfoque, tanto nacional, como internacional. A continuación, profundizaremos en la aparición, evolución y utilización de los nanomateriales en la empresa, algo muy necesario para comprender su importancia desde el punto de vista económico y productivo. En este sentido, una de las partes más relevantes del TFG será la relativa a los campos a los que se aplican las nanotecnologías hoy en día.

Por último, hablaremos de los posibles efectos de los nanomateriales sobre la salud y de las medidas preventivas posibles, teniendo en cuenta que existe mucha incertidumbre y pocos avances al respecto. Además, analizaremos la aplicación de la normativa existente, sobre prevención de riesgos laborales, que sería aplicable a los riesgos derivados de la exposición a los nanomateriales en estos momentos, con el objetivo de saber si es adecuada y suficiente para estos “*riesgos emergentes*”.



Es preciso señalar, que uno de los problemas con el que nos hemos encontrado en la investigación y recopilación de información de este tema, es el del gran desconocimiento de los efectos que esta nueva tecnología tiene sobre la salud de los trabajadores, siendo la información muy limitada. Además, en los últimos tiempos ha habido una gran proliferación de productos con nanomateriales, y el crecimiento es imparable. Pero, también es cierto que, aunque existen muchos intereses económicos entorno a ellos, también hay un gran interés por que el desarrollo de estas nuevas tecnologías venga acompañado de la seguridad y de la protección del medio ambiente. En este sentido, los responsables nacionales e internacionales consideran prioritaria la anticipación a los riesgos potenciales derivados de las mismas.

En este Trabajo Fin de Grado que presentamos se desarrollan el conjunto completo de competencias, tanto genéricas como específicas propias del Título, a través de la puesta en práctica de la formación previa adquirida. Es, en definitiva, el colofón de los estudios del Grado en Relaciones Laborales y Recursos Humanos y se ha realizado conforme a las directrices fijadas en el Reglamento sobre la elaboración y evaluación del Trabajo de Fin de Grado aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Valladolid celebrado el día 18 de enero de 2012, y modificado el 27 de marzo de 2013

2.- ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA

Según la RAE, la nanotecnología se define como *“la tecnología de los materiales y de las estructuras en la que el orden de magnitud se mide en nanómetros, con aplicación a la física, la química y la biología.”*

La nanotecnología es un elemento muy reciente referenciado inicialmente por el físico de origen norteamericano Richard Feynmann (1960), que expuso las distintas capacidades y posibilidades de la manipulación de materiales en escalas muy pequeñas, y que habló de niveles atómicos y moleculares.



Posteriormente, en la década de los 70, más concretamente en el año 1974, el término “nanotecnología” fue empleado por un investigador de la Universidad de Tokio, Norio Taniguchi, que contempló la posibilidad de manipular distintos materiales a nivel nanométrico. Más concretamente, señaló que *“La nanotecnología consiste en el procedimiento de separación, consolidación y deformación de materiales átomo por átomo o molécula por molécula”* (B, Janett A, Gutiérrez, A. López Meléndez, C, Yazmin Rodríguez Liñan, D, 2015). El tamaño de estos materiales se encuentra entorno a los 100 nanómetros o menos, siendo en esas cifras donde los materiales pueden mostrar o adquirir propiedades increíblemente diferentes.

Sin embargo, el hombre ha empleado nanomateriales desde hace siglos, como es el caso de las nanopartículas de oro y de los pigmentos colorantes para decorar los cristales. Así, por ejemplo, desde el siglo IX en Mesopotamia los artesanos las utilizaban para generar un efecto resplandeciente en la cerámica (Reiss, Gunter; Hutten, 2010)

La nanotecnología es considerada una ciencia emergente, destacando su rápido y espectacular desarrollo, y su contribución al crecimiento social y económico. Su evolución queda simplificada en varias etapas, segmentadas por generaciones.

- **Primera Generación:** Surge con el empleo de **estructuras nanométricas pasivas**, y guarda relación con la mejora de las propiedades de los materiales. Se usan ampliamente como revestimientos de materiales estándar, o como material único en los llamados nanotubos de carbono, estructuras en forma tubular formados por unas láminas de átomos de carbono de tamaño ínfimo enrolladas. En 1991, Sumio Iijima, encontró que el carbono podía formarlos. Los nanotubos, tal como manifiesta Terrones, M (2003) *“han revolucionado la tecnología del carbono, ya que sus propiedades mecánicas son sorprendentes: son cien veces más resistentes que el acero y seis veces más ligeros. Estos tubos también pueden llegar a conducir la electricidad, como el cobre, y se comportan como conductores cuánticos y superconductores a bajas temperaturas.”* Además, sus aplicaciones son



diversas, especialmente en el ámbito de la salud, desarrollando sistemas de liberación del principio activo con una mayor eficiencia, seguridad y efectividad.

- **Segunda Generación:** caracterizada por el uso de las llamadas **nanoestructuras activas**, desencadenando procesos con funciones específicas y muy novedosas, empleadas, por ejemplo, en la administración de fármacos para la lucha contra enfermedades como el cáncer, donde se aplica únicamente el medicamento a las células tumorales, evitando la muerte o el daño a las células sanas. Tal como manifestaron en su momento Delgado, J.L; Herranz, A, y Martín, N (2007) *“la capacidad de presentar diferentes formas alotrópicas que caracteriza al carbono ha dado lugar a una gran diversidad de nanoestructuras con fascinantes geometrías y propiedades”*.
- **Tercera y Cuarta Generación:** Conforme la tecnología avanza, la complejidad de la nanotecnología aumenta en consonancia, partiendo de **nanosistemas muy avanzados**, y con la novedad en el uso de nanorrobots o máquinas complejas a nivel nanométrico. Estos avances son muy útiles, sobre todo en la medicina, ya que permite el diseño y desarrollo de órganos u orgánulos artificiales y existen grandes expectativas en cuanto a su uso en relación al cáncer, principalmente en el desarrollo de nuevos fármacos anticancerígenos y dispositivos diagnósticos (Cuadros Celorrio, M; Llanos Méndez, A; Villegas Portero, R (2010).

En la actualidad, se usan las tecnologías llamadas “Top Down (de arriba para abajo), en las que se buscan los elementos nanotecnológicos, a partir de los materiales más grandes. Estas se usan normalmente en la industria y tienen un coste de producción muy pequeño. En cambio, las técnicas “Bottom-up”, son la verdadera revolución, Así, a través de estas estrategias denominadas "de abajo a arriba", se sintetizan materiales moleculares y polímeros que presentan propiedades físicas de extraordinario interés (Torres Cebada, T, 2002). En nuestros días, conviven ambas tecnologías, las tecnologías “Bottom-up” y las “Top Down”. Pero, se espera que, a partir a ahora, el uso de las tecnologías bottom up aumente exponencialmente, y su predominio en el mercado sea muy



marcado. En el cuadro-esquema que se muestra a continuación, se ofrece una expresión gráfica de las tres fases y el calendario de implantación de ambas tecnologías.

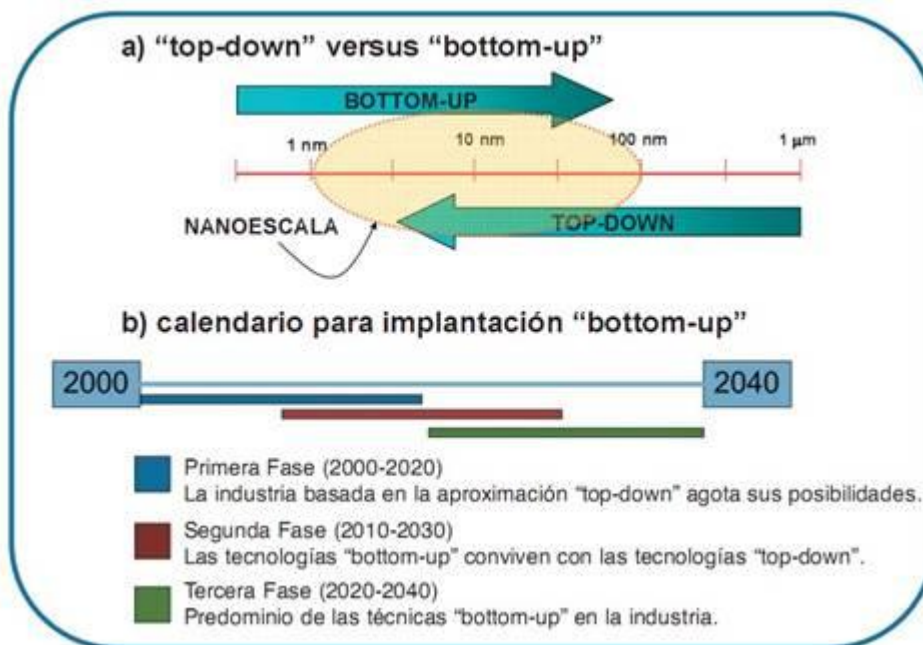


Ilustración 1.- Fuente: Correia y Serena. Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica. Apuntes de Ciencia y Tecnología. 2003, 9.

Por tanto, en una franja temporal muy corta, veremos que su carácter multidisciplinar y versátil, supondrá un importante impacto social, con una gran capacidad de generar nuevos materiales y dispositivos, que cambiarán desde nuestra vida laboral, hasta nuestra vida cotidiana, con principal énfasis en la industria, la seguridad, medicina y salud, transporte y comunicaciones, energía y medio ambiente. El amplio abanico de posibilidades y ventajas que ofrecen las nanotecnologías hace que las principales potencias mundiales estén invirtiendo en ellas y fomentando su uso. En este sentido, se produce un juego estratégico entre todos ellos, para así destacar en el avance de estas, porque saben que entre sus numerosas ventajas destacan algunas como la posibilidad de conseguir productos más eficientes, multifuncionales y la reducción significativa de la cantidad de materia prima en muchas ramas industriales (Foladori, G, 2010).



2.1. Contexto Internacional

A nivel mundial y sobre todo durante los últimos 20 años, los gobiernos de los países más desarrollados han fomentado las inversiones en esta disciplina, especialmente Estados Unidos, Corea del Sur y Japón, que se encuentran a la cabeza de la investigación en nanociencia, por el elevado presupuesto que le dedican (Correia, A, 2019). Se trata de países que aumentan cada año el gasto en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I). También a nivel europeo, destacan países como Alemania. Nos encontramos con un tema, el de las nanotecnologías, en el que existen muchas diferencias a nivel mundial, sobre todo por lo que a su regulación se refiere. Las normas que se han aplicado a los nanomateriales, en general, han sido las relativas a los productos químicos. En el caso de Estados Unidos en concreto, el cuerpo reglamentario es el de la Chemical Substance Inventory (TSCA) de la United States Environmental Protection Agency (EPA), y en el caso de la Unión Europea, es el del REACH. Como ponen de manifiesto Foladori, G y Invernizzi, N (2016), en los últimos años, se ha acelerado la discusión sobre su regulación, sobre todo por los efectos para la salud y el medio ambiente de las nanopartículas manufacturadas y por el incremento de la producción y comercio de productos que las contienen. Sin duda, los países desarrollados se juegan mucho en este tema, puesto que ya en su momento se jugaron mucho con los productos tóxicos que, en su día, ingresaron en el mercado sin control. El tema de los efectos que puedan provocar sobre el ser humano de las nanopartículas es un tema de mucho peso con el que no se puede improvisar. Por otro lado el resto de los países, están pendientes de lo que puedan hacer USA y Europa, no solo respecto a la salud, sino en cuanto al aspecto comercial.

En la Unión Europea contamos con la Estrategia sobre Nanotecnologías de 2004 y el Plan de Acción de 2005, y en junio de 2008, la Comisión adoptó la Comunicación “Aspectos reglamentarios de los Nanomateriales¹” y en base a ella, presentó el 3 de octubre de 2012 la Comunicación de segunda revisión² de la normativa sobre los nanomateriales. en la que se evalúan la adecuación y la

¹ COM (2008) 366 final, Bruselas, 17.6.2008

² Comunicación de la Comisión, “Segunda revisión de la normativa sobre los nanomateriales”, COM (2012) 572 final, Bruselas, 3.10.2012,



aplicación de la legislación de la Unión Europea en materia de nanomateriales, y se indican las acciones de seguimiento. En general, se puede decir que la Comisión se muestra conforme con la regulación, hoy por hoy, a través del REACH. Más adelante, tendremos la oportunidad de profundizar en documentos y legislación de la UE relacionada con las nanotecnologías. En 2016 se publicó el Dictamen del Comité Económico y Social Europeo³ sobre el tema: *“Nanotecnología para una industria química competitiva”*, en el que se trata la importancia la nanotecnología en la política de innovación de la UE, por su peso tanto en la industria química, como en la medicina y farmacéutica (Fernández de Gatta Sánchez, Fernández de Gatta Pérez, P, 2017).

2.2 Contexto Nacional.

En España, la Red NanoSpain, es una iniciativa que persigue facilitar la transferencia de conocimientos entre los distintos entes integrantes de la red ciencia-tecnología-empresa, mejorando la coordinación entre las distintas infraestructuras de investigación científico-tecnológicas, y aumentando la generación de conocimiento, promocionando los descubrimientos e imagen pública. Esto no se consigue de una forma aislada, sino que, gracias a esta Red, se establece una permanente conexión entre otras iniciativas internacionales, regionales o nacionales, vertebrando al conjunto de sus integrantes. Este elemento vertebrador es muy importante, ya que logra traer nuevos laboratorios, empresas u organismos estatales a unirse a esos grupos de trabajo, mejorando exponencialmente su fuerza.

Una de las actuaciones con mayor éxito, impulsada por la Red NanoSpain fue la inclusión de la Acción de Estrategia de Nanociencia y Nanotecnología (AENCNT) dentro del Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación. La AENCNT engloba una serie de objetivos temáticos, que son los siguientes:

³ DOUE C 71, 24.2.2016



Objetivos Temáticos de la AENCNT.
Fenómenos Fundamentales
Biología, biotecnología y agroalimentación
Energía y Medio Ambiente
Almacenamiento magnético de la información, magnetoelectrónica
Nanoelectrónica y electrónica molecular, optoelectrónica y fotónica, nanoestructuras semiconductoras
Dispositivos y máquinas nanométricas, nanomanipulación y nano caracterización
Materiales Nanocompuestos

Estos objetivos temáticos, incluidos en el Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación, suponen elementos muy difíciles de evaluar en términos de cuantificación de la inversión, pero se mueve entre valores per cápita de 1.3 y 1.5 €, donde la inversión por parte del sector público es cercana a 0,9 y 1,1 €. Estos valores son muy bajos, en comparación con otros países de nuestro entorno, siendo España además una de las principales economías mundiales, ya que ocupa el octavo puesto en el ranking de economías mundiales por Producto Interior Bruto.

A través de la Red NanoSpain, se han promovido ciertas estrategias de carácter emblemático, destacando las siguientes.:

Periodo 2000-2010

- **Programa CENIT:** Promovido e impulsado por el Centro de Desarrollo Técnico e industrial, con un ámbito temporal entre el año 2006 y 2010. No está concretamente dirigido hacia la nanotecnología y nanociencia, pero sí que ha logrado un impacto positivo en las mismas. Gracias a este programa, se ha fomentado la interoperación entre el sector público y privado en lo que concierne a la investigación dentro del ámbito industrial, y se han financiado proyectos con gran alcance científico. Como ejemplos de este programa, surgen dos consorcios, a saber, DOMINO y NANOFARMA.



- **Programa Consolider:** Creado en vistas a una mayor cooperación entre investigadores y grupos de investigación, creando macro-grupos con el fin último de la excelencia. Se basaba en la financiación de distintas actividades de carácter científico que tuvieran la capacidad de aportar un avance significativo en el conocimiento de sus líneas de investigación. La duración de sus proyectos es de 5 años, con una media de financiación a fondo perdido de 1 millón de euros anuales. Finalmente, se adjudicaron más de 26 millones de euros entre los años 2006 y 2007, con ejemplos de proyectos como NANOBIOMED Y NANOMOL.

Periodo 2010-2017

- **Programa CIEN:** Gestionado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial, apoya y financia proyectos de investigación desarrollados en colaboración con distintas agrupaciones empresariales, fomentando los proyectos con gran proyección internacional y en distintas áreas con visión de futuro. Potencia la cooperación entre los sectores privado y público en el área de Investigación y Desarrollo, contando en el año 2017 con un presupuesto de 100 millones de euros.
- **Apoyo y Acreditación de Centros de Excelencia “Severo Ochoa” y a Unidades de Excelencia “Maria de Maeztu”:** Con el fin de financiar y acreditar los distintos centros públicos de investigación, en investigaciones con gran proyección internacional y que logren colaborar con el ámbito empresarial y social. Los Centros de Excelencia Severo Ochoa y Unidades de Excelencia Maria de Maeztu poseen diversos programas muy competitivos, alcanzando las primeras posiciones a nivel mundial dentro de sus respectivas áreas. Su presupuesto, en el año 2017, fue de 40 millones de euros

Gracias a estos programas y actuaciones colaborativas, se ha progresado ampliamente en el apartado de la Nanotecnología y la Nanociencia, potenciando las capacidades de Investigación, Desarrollo e Innovación en España. Estas capacidades se han visto incrementadas a nivel de recursos tecnológicos, físicos, humanos y de capital o financieros. Actualmente, los centros de I+D



dedicados a la Nanotecnología en España son numerosos, con una distribución un tanto irregular a lo largo de nuestro país.



Ilustración 2.- Mapa de centros I+D dedicados a la investigación en Nanotecnología en España.

Fuente. Documento de trabajo ICONO: Evolución de la nanotecnología en España junio de 2018. FECYT, ICONO. Elaboración con base en el Mapa de Instituciones de I+D+I de ICONO.

La dotación española cuenta con un total de 9 centros dedicados a la Investigación y Desarrollo en Nanotecnología y Nanociencia, con Cataluña a la cabeza, que cuenta con 3 centros. Pese a ello, la capacidad podría ser mucho mayor, siendo necesaria mayor inyección de capital público y privado, para lograr “alcanzar” a otros países. En España, son numerosos los investigadores, que, contando con un gran bagaje profesional y una excelente formación, se quejan de esas carencias, principalmente de la falta de medios. Es por ello por lo que, pese a la débil inversión en España, ocupamos el onceavo puesto en lo que a producción científica en nanotecnología se refiere. Aunque el puesto que ocupa España no es el mejor, sin embargo, la cantidad de artículos en revistas de alto impacto es muy alta en comparación con otros países que se encuentran en posiciones superiores. También los artículos de excelencia científica y artículos en colaboración internacional, demostrando que, pese a la menor producción en comparación con las principales potencias en investigación nanotecnológica,



España cuenta con una gran calidad en las publicaciones y en la investigación, que se podría ver ampliamente aumentada si se aumentaran los recursos económicos.

3.- LA NANOTECNOLOGÍA EN LA EMPRESA

3.1. Aparición y Desarrollo de la nanotecnología en la empresa

Conforme se vislumbraban las grandes posibilidades y beneficios que la nanotecnología podía brindar a las empresas, su interés aumentó. Poco antes de entrar en la década de los 90 la empresa tecnológica IBM comenzó a realizar demostraciones consiguiendo escribir el, por entonces, logo de la compañía, a escala atómica, utilizando 35 átomos de Xenón, una lámina de metal cristalino y un microscopio de tunelamiento. Pese a ser una mera demostración, logró estimular e incentivar la investigación sobre las posibilidades de la nanotecnología, hecho que se refutó con el descubrimiento en el año 1991 de una de las estructuras más funcionales e interesantes descubiertas nunca, los apodados Nanotubos de Carbono, por parte de Sumio Iijima. Dichos nanotubos, poseen grandes utilidades y cualidades muy interesantes para la industria, siendo un material muy versátil en aplicaciones eléctricas, mecánicas o térmicas.

Estas enormes capacidades propiciaron la creación, en 1997 de la primera empresa dedicada exclusivamente al desarrollo de materiales nanoestructurados para las industrias que demandan cualidades muy concretas, tales como la industria automotriz, aeronáutica, espacial o marítima, e incluso farmacéuticas o enfocadas a la salud. Esta compañía es Zyvex, que dado su gran éxito ha conseguido perdurar en sus operaciones, además de dividir su negocio en tres secciones independientes: Zyvex Technologies, Zyvex Labs y Zyvex Instrumens.

La creación de esta compañía supuso el comienzo de un nuevo mundo, en el que la nanotecnología, en base al estudio de la naturaleza, logra replicar un sinnúmero de sistemas de origen natural cuya efectividad es infalible. Encontramos un ejemplo característico en la industria textil, con la creación de tejidos hidrofóbicos (permiten que el agua no impregne la tela, sino que repele el agua), que replican



al recubrimiento hidrofóbico que emplean las hojas de flor de loto. Este tipo de tela es llamado “Nanowhiskers”.

Gracias a la constante investigación y al abaratamiento en sistemas de obtención de elementos nanotecnológicos, hoy en día la nanotecnología se encuentra en todas y cada una de las áreas de la vida cotidiana.

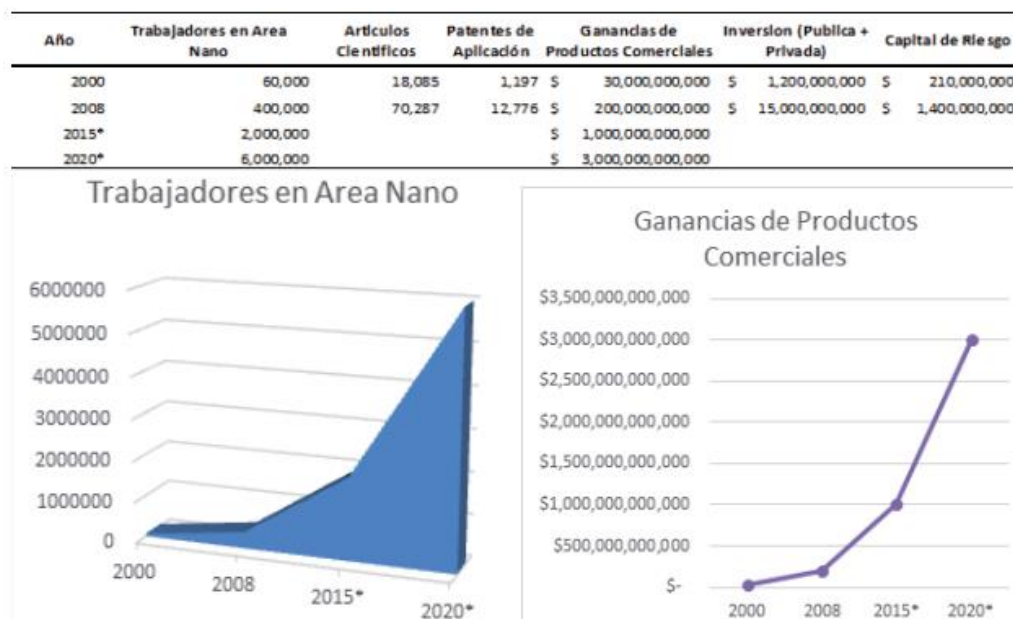


Fig. 12. Se muestran tendencias de trabajos y ganancias generadas por el sector nanotecnología.

Ilustración 3.- Fuente. Janett, B, Gutiérrez, A, López Meléndez, A, Yazmin Rodriguez, C; Liñan D, (2015). “La nanotecnología a 40 años de su aparición: Logros y tendencias, Ingenierías, Vol. XVIII, No. 66”

En la figura 3 se muestran las distintas proyecciones hasta final del año 2020, indicando el creciente interés por la nanotecnología y aplicaciones, afectando a al ámbito laboral, educativo y científico. El número de trabajadores ha crecido de una manera exponencial, así como las ganancias de productos comerciales, demostrando de una manera fehaciente su eficiencia y respeto por el medio ambiente.



3.2.- Situación actual

La situación actual de la nanotecnología y en general de la nanociencia depende en gran parte de los diversos avances de las ciencias básicas, medicina, ingeniería, química y física. Si bien, la nanotecnología está en una fase de crecimiento, y conforme se descubren nuevas aplicaciones, esos nanomateriales se emplean en mejoras tanto de fármacos, como de instrumental y equipos específicos de análisis. Al margen de usos en industria avanzada e investigación, son numerosos los productos de consumo que emplean nanopartículas, como productos cosméticos y para el cuidado de la piel, fibras textiles y pinturas.

Volviendo al ámbito industrial, la nanotecnología es ampliamente empleada en el diseño y fabricación de procesadores con cada vez mayor número de transistores en menor espacio, memorias de acceso aleatorio (RAM) más rápidas, y en componentes que tengan una menor generación calorífica, aumentando su eficiencia y rebajando el consumo energético.

España, como bien indica **Juan Ortí Lladró (2015)** en su proyecto final de carrera, se encuentra “*en pañales*” en lo que a nanotecnología se refiere. Según se pone de manifiesto en la publicación “Nanociencia y Nanotecnología en España – Un análisis de la situación presente y de las perspectivas de futuro” de la fundación Phantoms (2008), la nanotecnología se basa en el método productivo más primitivo de los dos existentes. Como mencioné en el apartado segundo, España se encuentra en la primera fase de inclusión nanotecnológica en el sistema productivo, aplicando técnicas “Top Down” (de arriba hacia abajo), que parte de materiales molecularmente complejos, y va reduciendo su tamaño a elementos más pequeños. Tecnológica y funcionalmente no es el método más eficiente, ni el que más posibilidades otorga, pero su rentabilidad es alta dada su “veteranía”.

Esta primera fase está agotando sus posibilidades, y las tecnologías “Bottom-up” (de abajo hacia arriba), están siendo desarrolladas y aplicadas con gran rapidez y eficacia, entrando con fuerza en una segunda fase, pero a su vez manteniendo el método “Top Down”, hasta que la equidad de costes y rentabilidad, así como de facilidad de manipulación sean equiparables.



de cada posible aplicación. Las innovaciones provenientes de la nanotecnología ayudan a solventar numerosos problemas y necesidades cotidianas, es por ello que es considerada como el motor principal de la nueva y cada vez más próxima revolución industrial.

Aplicaciones en el Transporte:

En el caso del transporte, la nanotecnología es y será empleada en el diseño de nuevos materiales que permitirán crear transportes y vehículos mucho más ligeros, con una importante reducción de emisiones contaminantes o incluso nula, más seguros y con una tasa de reciclaje muy alta. Su desarrollo comercial e industrial parte de 2010, y son implementadas en

- **Aplicaciones Estructurales:** Con aleaciones más ligeras y resistentes para elementos como el chasis, aumentando la rigidez torsional (resistencia del chasis ante las posibles deformaciones), con el consecuente aumento de la comodidad, rendimiento y seguridad del vehículo.
- **Compuestos de Neumáticos:** Mejorando la adherencia, resistencia a golpes y abrasiones (por roces contra bordillos que normalmente dañan el compuesto), así como una mejora notable de la adherencia en ambientes húmedos y en condiciones extremas. Asimismo, ciertas nanopartículas presentes en el caucho, que no se degradan naturalmente, pueden ser utilizadas para producir tableros y materiales de construcción con propiedades muy similares a la de los neumáticos. La empresa Dena ha patentado un sistema, el **Sistema Dena**, que logra reciclar el 100% de esos materiales para crear un compuesto sustitutivo de la madera, con unas características inimaginables, como la impermeabilidad, resistencia al fuego y a la luz ultravioleta, etc.
- **Superficies multifuncionales y equipos de interior:** Mejorando el confort de los pasajeros, con la introducción de nanomateriales que absorban los posibles impactos, además de ser ignífugos. La gran dureza y resistencia a la abrasión y corrosión son también cualidades innatas de estos compuestos.



- **Sensores y ayudas a la conducción:** El apoyo de la nanotecnología al desarrollo de sensores con cámaras más potentes que capten todas las variables del medio, equipos de procesamiento con una rapidez mucho mayor a la que cualquier ser humano podría contar, unido a un software capaz de canalizar toda esa información y aplicarla de forma correcta, aumentan la seguridad activa de los automóviles. Es por ello por lo que la nanotecnología va unida a la conducción autónoma y semiautónoma, elementos que ya se encuentran en el mercado a precios asequibles, ya sea Tesla con su Auto Pilot, o soluciones menos intrusivas como las incluidas en todos los coches nuevos, tales como los asistentes de carril, asistentes de alerta de cambio de carril, controles de crucero adaptativos etc.

Aplicaciones en el Energía y Medio Ambiente

La nanotecnología es aplicada sobre materiales que actualmente se emplean en la producción y almacenamiento de la energía, mejorando el rendimiento y la eficiencia, controlando sus propiedades químicas, eléctricas y ópticas.

- **Energías Renovables:** La nanotecnología se plasma en las energías renovables, mediante la mimetización de la naturaleza, enfocada principalmente a la eficiencia en la captación de la energía solar por parte de las células fotovoltaicas, aprovechando longitudes de onda que hoy en día no son aprovechables, como la radiación ultravioleta o infrarroja, imperceptibles para el ser humano, pero muy dañinas para el mismo en el caso de la radiación ultravioleta. Otra aplicación notable es la mejora de la reflexión en los heliostatos (espejos) de las centrales termo-solares, aumentando la concentración de los rayos solares, y por ende la temperatura a conseguir en la concentración de 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.

- **Almacenamiento y transporte de energía:** Para lograr almacenar el hidrógeno, son necesarios grandes tanques que logren soportar presiones muy altas, además de ser ignífugos y resistentes a los golpes y posibles perforaciones. Los distintos nanomateriales poseen unas propiedades ideales para controlar la captura, almacenamiento y liberación de este. El almacenamiento de energía eléctrica ha logrado ser más económico y sencillo, gracias a las nuevas baterías basadas en grafeno.

Aplicaciones en la tecnología de consumo, electrónica y TIC's

Las necesidades de interconexión entre las personas cada vez son más importantes. Cada día se necesitan conexiones más rápidas, estables y accesibles. La nanotecnología ha contribuido a miniaturizar los componentes internos de los "smartphones", beneficiando enormemente al rendimiento y a la capacidad de conectarnos donde y cuando necesitemos.

Aplicaciones en la Salud y Biotecnología

El tamaño con el que se trabaja en la industria nanotecnológica es idóneo para el campo de física y química aplicada a la biotecnología, surgiendo una nueva disciplina, la nanobiotecnología. Gracias a esta nueva generación de compuestos, la medicación "a la carta" mediante nanofármacos es posible, reduciendo enormemente los posibles efectos secundarios y focalizando todo su potencial en el área enfermo.

Aunque sea prometedor el uso de la nanotecnología para combatir afecciones, es mucho más importante su capacidad de diagnóstico precoz, encontrando las enfermedades a nivel celular, neutralizándolas de manera precoz, eliminando cualquier tipo de daño. La nanotecnología promete ser uno de los principales mecanismos que logre combatir y erradicar el cáncer.



Pero la nanobiotecnología no se queda ahí, sino que comienza a conquistar los terrenos de la terapia celular, posibilitando la regeneración en tejidos dañados favoreciendo la compatibilidad de órganos, evitando el rechazo mediante aplicación de técnicas de genómica y proteómica. Gracias a esas novedosas técnicas, podemos descifrar y codificar nuestra información genética y biológica, aportando conocimientos fundamentales para la salud.

Aplicaciones en los Sectores Tradicionales: Construcción, materiales de edificación, textil y cerámica.

Las industrias tradicionales cada vez incluyen una mayor cantidad de materiales nanotecnológicos en sus estructuras.

- **Sector Textil:** La búsqueda de un valor añadido que mejore las cualidades del producto encuentra su solución en la nanotecnología. 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.
- **Construcción:** La aplicación de técnicas nanotecnológicas posibilita la creación de materiales mucho más ligeros, resistentes y duraderos, además de ser más respetuosos con el medio ambiente. Las nuevas edificaciones contarán con numerosas mejoras, como superficies autolimpiables y antimicrobianas, un aislamiento mucho más eficiente y materiales autorreparables.
- **Cerámicas:** La cerámica, unida a la nanotecnología, logra unas propiedades especiales, que permiten 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.



4.-PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y NANOTECNOLOGÍAS

La nanotecnología y su estudio han demostrado las ilimitadas posibilidades que ofrece este campo tecnológico. Paralelamente, se presentan nuevos retos que nos permitan comprender, predecir, estudiar y gestionar los posibles riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores en contacto con las mismas.

4.1.-Las nanotecnologías como riesgo emergente: riesgos asociados a las nanotecnologías.

Los materiales, a escala nanométrica, poseen un comportamiento diferente a otros materiales conocidos, con propiedades fisicoquímicas distintas, y que hacen de esos nanomateriales una posible fuente de riesgo, con la característica de su impredecibilidad.

El uso de nanomateriales sintéticos y naturales modificados puede plantear un riesgo tanto para la seguridad y salud del trabajador como para el medio ambiente. Los principales riesgos para los trabajadores se presentan en las llamadas áreas de exposición de los trabajadores. 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 deshecho de los mismos.

Fabricación y manufactura del nanomaterial.

A lo largo del proceso de desarrollo e investigación del producto en laboratorio se deben de respetar todas las medidas de prevención indicadas, imperando el principio de precaución en todo momento. La posible exposición puede ocurrir por formación de aerosoles o pulverizaciones, exponiendo al trabajador a una posible inhalación o contacto por diversas vías (ocular, dérmica, etc.). Debe de primar la limpieza de los equipos utilizados en las franjas temporales indicadas, así como la limpieza y recogida de los posibles derrames, bien de forma líquida o en forma de “polvo”. En el caso de manipulación de materiales en forma de polvo o con una densidad muy pequeña, debe de extremarse la precaución en las tareas de pesaje, envasado y manipulación de este.



Uso en productos finales o intermedios. Incorporación a otros procesos.

Los riesgos son muy similares a los presentados en la fabricación y manufactura del nanomaterial. El mayor riesgo para el trabajador pasa por el proceso de manipulación en materiales conformados por partículas con alta posibilidad de suspensión. Cuando estos nanomateriales son mezclados en tolvas y unidos con otros ingredientes, pueden entrar en contacto con el trabajador más fácilmente. Otros procesos como el vertido, pesada, molienda o tamizado entrañan los mismos riesgos, aunque el contacto con el trabajador puede presentar una mayor facilidad en el caso de la molienda o tamizado, reduciendo el tamaño de los nanomateriales y facilitando su posible suspensión en el aire.

Operaciones de mantenimiento y limpieza.

Aquellos trabajadores que realicen las diversas tareas de mantenimiento y limpieza de los instrumentos o utensilios implicados en el proceso pueden entrar en contacto con los diversos 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.

Eliminación, reciclaje y deshecho de residuos.

Cuando los productos necesitan ser desechados, ya sea por finalización de su periodo de vida útil o por cualquier otra circunstancia, deben de ser tratados acorde a la legislación pertinente. Actualmente, aquellos materiales que contengan nanomateriales son tratados como residuos potencialmente peligrosos (residuos peligrosos), debiendo de ser desechados conforme a la legislación aplicable en aquellos residuos. Todos aquellos elementos contaminados con nanomateriales corren la misma suerte, principalmente los equipos de protección individual de los trabajadores.

La exposición no solo puede darse en el centro de producción, sino en todos aquellos entes que participan en el proceso de reutilización, reciclado y procesos de revalorización o de economía circular. Al igual que en otros procesos, el



control y precaución debe extremarse en caso de materiales que produzcan polvo o partículas en suspensión.

Dado el reciente nacimiento y la rápida evolución de la nanotecnología, hay resultados escasos respecto a los efectos de los nanomateriales sobre la salud de los trabajadores. No ocurre lo mismo con la utilización de materiales tradicionales.

En el caso de los nanomateriales, según disminuye su tamaño, el área superficial de la misma aumenta, y se da una mayor reactividad. Materiales con compuestos similares pueden desencadenar distintas reacciones en función del tamaño que posean, es por ello por lo que el tamaño de la partícula puede afectar directamente a la seguridad y salud del trabajador, en distinto grado y forma que un material no nanométrico. Los efectos producidos por los nanomateriales están sujetos a un constante cambio y evolución, requiriendo de constantes investigaciones en vistas a la no certeza sobre los efectos reales que tienen para la salud tanto de trabajadores y personal en contacto con los mismos; como para el medio ambiente.

Riesgos para la salud

Los datos disponibles sobre la incidencia de los nanomateriales sobre la salud humana son muy limitados. Las simulaciones y estudios realizados sobre animales no permiten una extrapolación de los resultados a la incidencia en humanos, y por tanto no permiten de forma concluyente alcanzar una información toxicológica fiel a la realidad de manera unánime y estandarizada, pese a que muchos nanomateriales son empleados desde hace bastantes años.

Estudios in-vitro practicados sobre animales manifiestan la posibilidad de que frente a alta dosis de nanomateriales, la posibilidad de un funcionamiento anormal de diversos órganos, como pulmones, inflamación y daños en tejidos, aparecimiento y proliferación de células tumorales, así como efectos sobre el sistema cardiovascular. En concreto, diversos análisis y estudios practicados sobre roedores han demostrado la posibilidad de que sean afectados otros órganos además de los anteriores, como el sistema óseo, los riñones, tejidos blandos, etc.



Diversos materiales, han sido calificadas como “*posiblemente carcinógeno para los seres humanos*” por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el cáncer, con base en estudios en animales. Estos nanomateriales, a saber, el **negro de humo** (nanomaterial empleado como pigmento para pintura y obtenido de la combustión incompleta de carburantes u otros materiales), y 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).

Riesgos para la seguridad de trabajadores e instalaciones. Riesgos de explosión e incendio.

Principalmente, a corto plazo, el mayor riesgo que puede entrañar para un trabajador el uso y manipulación de materiales nanotecnológicos se encuentra en la posibilidad de que ese nanomaterial genere una reacción de ignición, resultando un incendio o una explosión, con graves consecuencias personales y materiales.

Materiales que, a escala métrica o común no presentan ningún tipo de riesgo, como el aluminio, adquieren la capacidad de ser muy inflamables y potencialmente explosivos, cuando se crean nubes de polvo a escala nanométrica. La información que actualmente está disponible, y además contrastada es escasa, luego el punto de referencia a estimar es la información sobre el riesgo presente en partículas con el tamaño más similar. Por tanto, serán considerados nanomateriales con riesgo de explosión e incendio aquellos que, en partículas superiores a la escala nanométrica, presenten esas 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.

4.2.-El marco normativo actual de prevención de riesgos laborales y su aplicación a las nanotecnologías.

El enorme crecimiento y evolución de la nanotecnología en la última década, no ha venido solo, sino que se le han unido la aparición de nuevas técnicas de



observación y edición a nivel nanométrico, y la mayor financiación, la estandarización y establecimiento de unas normas comunes en el uso y manejo de la nanotecnología, como complemento necesario, para proteger la salud y seguridad de todas las personas involucradas en el proceso de desarrollo y creación de la nanotecnología. Pero la estandarización no solo tiene ese fin, sino que dada la interdisciplinariedad de la que se compone, y con contribuciones de campos químicos, físicos, biológicos y médicos, es necesaria una gran coordinación y armonización en todos los estándares, manteniendo una terminología y nomenclatura similares, y siguiendo métodos de muestreo y medición compatibles con el fin de no generar disparidades. El carácter interdisciplinar también ayuda a obtener un enfoque más rico y amplio sobre la influencia de los nanomateriales en la salud de los seres vivos, en su seguridad y en su impacto hacia el medio ambiente.

Para lograr una unificación y estandarización existen diversos comités o grupos de trabajo específicos de nanotecnología. Principalmente, destacan los siguientes:

- **ISO:** Organización internacional de normalización. Especificación ISO/TC 229 Nanotecnologías. Posee el objetivo de elaborar normas referidas a la nanotecnología y nomenclatura, metrología e instrumentación, seguridad y salud laboral, así como riesgos medioambientales.
- **CEN:** Comité Europeo de Normalización
- **AENOR:** Agencia Española de Normalización y Certificación. Institución Española, de carácter privado e independiente, que carece de ánimo de lucro, encargado de la normalización y certificación en vistas a la mejora del bienestar de la sociedad mediante la mejora de las capacidades tecnológicas de las empresas.
- **IEC:** Comisión Electrónica Internacional. Se trata de una organización encomendada a normalizar los campos electrónicos y eléctricos. Su aportación a la nanotecnología se basa en la colaboración con otras entidades como la organización internacional de normalización. El Comité Técnico IEC/TC 113 estandariza la nanotecnología para todos aquellos productos y servicios dentro de su campo de aplicación.



- **OECD:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Se trata de una organización intergubernamental creada con el fin de enfocar el crecimiento económico hacia el sostenimiento y calidad de vida. Actualmente, dentro de la citada organización existen ocho grupos de trabajo encomendados al desarrollo de la nanotecnología enfocada al cuidado del medio ambiente y a la prevención de riesgos laborales, relacionándose con la seguridad y salud laboral.
- **La Dirección General de Investigación, Dirección G: Tecnologías industriales, Unidad G.4: Nanociencias y nanotecnologías de la Comisión Europea,** tiene como objetivo el de mantener y fortalecer la posición de la Investigación, Desarrollo e Innovación de la Unión Europea en lo que a nanotecnología concierne. De todas las acciones, destaca la de *“abordar cualquier riesgo potencial para la salud, seguridad, el medio ambiente y los intereses de los consumidores”*, estudiando las consecuencias de creación, uso durante su ciclo de vida y eliminación cuando esta finalice.

El enfoque reglamentario europeo se basa en la integración, seguridad y responsabilidad. Actualmente, el mayor reto para las instituciones europeas se encuentra en mantener un equilibrio entre el ofrecimiento de las ventajas de la nanotecnología a todos los ciudadanos, y un elevado nivel de seguridad, salud y protección medioambiental. La Unidad G.4: Nanociencias y nanotecnologías de la Comisión Europea pone de manifiesto que la reglamentación actual y la legislación en vigor cubren gran parte de los riesgos de los nanomateriales, y reúne las condiciones para poder abordarlos. La legislación se centra principalmente en lo concerniente a las sustancias químicas, productos nanotecnológicos, protección de los trabajadores y cuidado al medio ambiente.

- **Reglamento REACH.**
Este reglamento tiene como finalidad, basándose en el principio de precaución, el cuidado de la salud humana y del medio ambiente, sometiendo a un mayor control a los compuestos químicos para lograr acceder al mercado. REACH exige a los fabricantes ceder datos y gestionar los posibles riesgos que conlleven las sustancias químicas. El proceso es muy exigente, y requiere de un registro, evaluación de las



sustancias, autorización de estas, y posibles restricciones a nivel nacional o intercomunitario en caso de ser necesario. Este reglamento no contiene ninguna referencia exclusiva a los nanomateriales, aunque si cualquier sustancia nanométrica es investigada y posteriormente se quiere comercializar, es necesario que sea sometida a los pertinentes controles, aunque contenga la misma composición que otro elemento macroscópico, dadas sus propiedades distintas.

- **Reglamentos y Directivas dirigidas a la protección de los trabajadores.**

La protección de los trabajadores queda delimitada principalmente por la Directiva Marco 89/391/CEE. No es precisamente una legislación específica, sino general e impone a los empresarios que se adopten las medidas necesarias para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Complementando a ésta, se han adoptaron otras directivas sobre la exposición de agentes carcinógenos o mutágenos, sobre uso y manipulación de agentes químicos, sobre EPI y utilización de equipos personales de trabajo y sobre atmósferas explosivas, entre otras. Se trata de una normativa de mínimos, siempre mejorable.

Por último, es preciso hacer una breve referencia a los Reglamentos y Directivas referidas a productos.

Actualmente, la legislación en vigor establece que productos como los medicamentos, cosméticos, aditivos artificiales de alimentos y piensos, así como los productos fitosanitarios, deben de cumplir una serie de requisitos más exhaustivos. Estos productos contienen nanomateriales, que en el caso de cumplir las condiciones del Reglamento REACH, estarán sujetos a su reglamentación, siendo necesaria además una evaluación medioambiental.

El producto con un mayor control reglamentario son los cosméticos, procediendo a recomendar un cambio en la reglamentación sobre los productos cosméticos sin un control previo (se debe de realizar un control exhaustivo sobre como los nanomateriales afectan a la piel o al organismo



en general). Se exigirá que el fabricante aumente su transparencia y comunique si emplea nanomateriales, además de algún mecanismo de control sobre los efectos que produce los cosméticos en la salud. Actualmente, el Reglamento (CE) 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 sobre los productos cosméticos, determina que sustancias, compuestos y componentes pueden ser empleados y cuáles no, los límites y las condiciones para su uso seguro, así como los niveles de exposición.

A nivel legislativo nacional, es de aplicación tanto la normativa general de seguridad y salud en el trabajo, esto es, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) y el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP), así como de las normativas específicas que desarrollan la LPRL y que sean de aplicación, incluyendo entre otras las siguientes:

- Real Decreto 665/1997 de agentes cancerígenos, y su modificación mediante el Real Decreto 349/2003, ampliando su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.
- Real Decreto 773/1997 de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997 de equipos de trabajo.
- Real Decreto 374/2001 de agentes químicos.
- Real Decreto 681/2003 de atmósferas explosivas.

Una de las cuestiones más importantes para proteger la salud y seguridad de los trabajadores será la de realizar una evaluación de riesgos adecuada, teniendo en cuenta la utilización de los nanomateriales y por tanto la exposición a los mismos. Además, es muy importante aplicar toda la normativa relativa a utilización de equipos y de protección tanto colectiva como individual de los trabajadores.

Otra obligación importante que debe cumplir exhaustivamente el empresario es la de la formación de los trabajadores. Esta formación deberá de cumplir todos los parámetros recogidos en el artículo 19 LPRL y en todas las normas específicas que sean de aplicación. En un tema tan actual y que evoluciona tan rápido, como es el de las nanotecnologías, una formación permanente y



actualizada serán esenciales para evitar que se produzcan graves daños en la salud de los trabajadores.

4.3.- Nuevos retos en la gestión de los riesgos potenciales para la salud y seguridad de los trabajadores, derivados de las nanotecnologías.

La nanotecnología ha experimentado un desarrollo exponencial gracias a una “carrera” de I+D+I a nivel internacional, inundando gran parte de los sectores tradicionales y de los nuevos que conocemos. Pero en la otra cara de la moneda existe una gran incertidumbre sobre la salud, seguridad e integridad del trabajador en contacto con compuestos nanotecnológicos, ya sea en los centros productivos donde se fabrican o en otros donde se utilizan a nivel intermedio o final. Así, por ejemplo, los nanotubos de carbono están en el punto de mira, en el sentido de que pueden entrañar un riesgo para la salud muy similar al producido por el amianto.

Organismos como la Organización Mundial del Trabajo (OIT) han mostrado su preocupación frente a la gran desincronización entre el conocimiento y aplicación de la nanotecnología y el conocimiento sobre las consecuencias y efectos en la seguridad y salud de los trabajadores. La Unión Europea, en la Comunicación de la Comisión Europea titulada “Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías”, ya puso de manifiesto los retos de futuro en relación a las nanotecnologías, muchos de los cuales se siguen manteniendo. Sin duda lo más importante es que se avance en este campo, pero de una manera segura y responsable. Será preciso invertir más, para crear un entorno favorable de innovación que a la vez respete principios éticos y en el que se estudien los posibles riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores y para el medio ambiente. De esta forma se podrá legislar más y mejor.

Gracias al estudio cada vez más extenso sobre el riesgo de la nanotecnología en la salud del trabajador, se ha demostrado la existencia de indicios de daño en las membranas celulares, oxidación de proteínas, daños genéticos y genotoxicidad, así como formación de especies reactivas de oxígeno, inflamación pulmonar entre otros. La vía inhalatoria es la principal entrada al organismo, depositándose en cualquier recoveco de nuestro aparato respiratorio, produciendo daños cuyo alcance todavía no está demostrado. La



acumulación de nanomateriales se suele producir en los alveolos y capilares, afectando directamente a la salud y calidad de vida del trabajador.

Por tanto, y sin perjuicio de otras vías de contacto, el principal reto que tiene la prevención de riesgos laborales, es en la evaluación de dichos riesgos y aplicación de medidas preventivas y de protección en su caso. Actualmente, el principio de precaución es la principal baza para ganar la batalla a los problemas de seguridad que encierra la nanotecnología.

Conforme avanza el conocimiento sobre los riesgos posibles, nuevos métodos de control y protección sobre la exposición son aplicados. Así, por ejemplo, los sistemas de ventilación de alto caudal, equipados con filtros de nueva generación, favorecen una atmósfera controlada donde el trabajador posee un ambiente saludable, unidos al uso de EPI con filtros antipartículas P3, logrando un plus de seguridad frente a unos riesgos, en muchos casos, desconocidos.

Otra vía donde la prevención está siendo más incisiva es la vía dérmica. Normalmente, la piel supone un escudo que en contadas ocasiones puede ser burlado, pero la nanotecnología tiene esa capacidad, destacando la posibilidad de aquellas partículas con tamaño inferior a 40nm de penetrar la piel.

El aumento del uso de nanotecnologías supone la necesidad de incidir en una modernización de los sistemas de prevención de riesgos laborales. Frente al aumento del número de exposiciones de manera directa, y al aumento de la probabilidad de exposición, con un mercado comercial y profesional inundado de nanomateriales, es necesaria una legislación a la altura, así como un estudio detallado sobre el impacto negativo en la salud de los trabajadores, siendo el colectivo más desprotegido frente a la incertidumbre y desconocimiento de la nanotecnología.

Frente a la necesidad de evaluar los riesgos específicamente en el área de la nanotecnología y los nanomateriales, tanto para los trabajadores como para los consumidores intermedios o finales, así como para el medio ambiente, ha nacido una nueva terminología con la denominación de Nanoseguridad, disciplina que estudia y evalúa los efectos y riesgos de los nanomateriales, así como de una utilización segura y eficaz de los mismos. A lo largo de esta nueva área de



conocimiento, se integran conocimientos multidisciplinares de áreas como la Toxicología, Química, Ingenierías Industriales, Ciencia de los Materiales, Ciencias ambientales, etc.

La Nanoseguridad es necesaria para una evolución sostenible de la nanotecnología, tanto a nivel de la salud e integridad de los trabajadores como a nivel medioambiental, incluido dentro del Programa Marco Europeo Horizonte 2020, como parte del desarrollo y aplicación seguras de la Nanotecnología.

5.-LA IMPORTANCIA DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA CRISIS DEL COVID-19

La pandemia generada por el SARS-CoV-2 nos ha pillado por sorpresa y nos ha obligado a reinventarnos de un día para otro, tanto en lo cotidiano, como a nivel laboral. Inicialmente, y al declararse el estado de alarma en España, el día 13 de marzo de 2020, el mundo laboral se vio paralizado casi por completo, salvo en aquellos que se consideraron sectores esenciales y necesarios. A medida que se ha avanzado en las fases establecidas por el Gobierno, algunas actividades han vuelto a la llamada “*nueva normalidad*”. En el momento de entrega de este TFG continuamos con la pandemia y con el estado de alarma, pero nos encontramos en fases más avanzadas. El hecho es que hasta que no haya vacuna y mientras siga habiendo contagio y fallecimientos, será preciso mantener medidas higiénicas y de protección, de distanciamiento físico y organizativas en muchos lugares de trabajo y entre la ciudadanía en general.

Ciertas profesiones, han tenido que situarse en el frente de la batalla por la crisis del COVID-19, desde un primer momento, así por ejemplo sanitarios, transportistas y trabajadores del sector alimentación. Sin embargo, los elementos de protección para dichos trabajadores escasearon en un principio y tuvieron que trabajar en condiciones inadecuadas produciéndose contagios e incluso fallecimientos entre estos colectivos.

La pandemia propiciada por el nuevo coronavirus ha obligado a incidir en el control y protección de la salud en el ámbito laboral. Normalmente, la prevención de riesgos laborales se centra en elementos tangibles o en partículas en suspensión, así como de ciertos nanomateriales, pero en esta ocasión la



presencia de un virus con una capacidad letal demoledora, ha logrado que la nanotecnología y la prevención de los riesgos laborales se encuentren más unidos que nunca.

La falta de EPI y de respuesta de la industria tradicional ha conducido a que la industria nanotecnológica investigue y desarrolle nanomateriales que protejan a los trabajadores de una forma más sencilla, eficaz y respetuosa con el medio ambiente. Investigadores surcoreanos han logrado, gracias al uso de nanotejidos y nanofibras, la creación de filtros y mascarillas reutilizables más de 4.000 veces, repercutiendo en un menor coste, un aumento de la disponibilidad y mayor facilidad de acceso por parte de todos los profesionales y trabajadores. Por otro lado, desde la Universidad de Stanford (Gascueña, D, 2020), un equipo que normalmente se centra en la creación de celdas de combustible para la generación de vehículos electrificados, actualmente trabaja en un diseño de mascarilla que aumenta el flujo de aire disponible ya las mascarillas poseen un elemento filtrante (en mascarillas N95, FFP2), que se estima que reduce el consumo de oxígeno entre un 5 y un 20 por ciento (MYERS, 2020). Para conseguir un mejor flujo de aire y mantener el nivel de protección, han optado por incorporar un elemento líquido desinfectante, como por ejemplo alcohol, con posibilidad de renovarlo y mantener sus propiedades. El resultado sería el de mascarillas altamente eficaces, reutilizables, que no perjudican al aparato respiratorio y que permiten que, por ejemplo, a nivel laboral, cada sanitario disponga de su EPI, y mantenga su efectividad en el tiempo sin tener que desecharlo, además de que no se vería afectado su nivel de oxígeno disponible por su uso.

Pero la nanotecnología no solo se limita a la creación y mejora de EPI, sino que va un paso más allá, ofreciendo novedosas soluciones que ayudan a combatir el virus. Investigadores del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) han logrado detectar, a través de su frecuencia de resonancia, las propiedades físicas, como la forma, la masa, tamaño etc. (Europapress, 2020). Empleando “*nanodispositivos optomecánicos*” (usados para medir desplazamientos a escala nanométrica), abriendo la puerta a la creación de un detector multifuncional y universal de virus y bacterias, basándose en esta tecnología. El proyecto se está desarrollando desde hace 3 años, y cuenta con el apoyo de numerosos países y



hospitales, entre los cuales se encuentra España, y se espera que para finales de año un prototipo esté listo y funcional, en vistas a que en un futuro sea aplicado a los hospitales.

La detección de virus es vital, pero también lo es la desinfección de superficies como primera barrera de contacto. Numerosos materiales homologados bajo certificaciones europeas generan una capa aislante que evita cualquier virus o bacteria, así como otros microorganismos, durante 3 años. Normalmente, estos nanomateriales son usados en útiles tan necesarios y comunes como vehículos (ABC, 2020), siendo estos un vector muy peligroso, y aún más en casos de Car-Sharing o vehículos compartidos.

La nanotecnología, pese a la necesidad de un mayor periodo de adaptación, y mayor inversión, ofrece soluciones muy superiores en cuanto a eficiencia y eficacia, más aún cuando estamos hablando de la lucha contra un patógeno cuyo tamaño e invisibilidad al ojo humano supone un gran problema.

6.- CONCLUSIONES

La Nanotecnología es una nueva disciplina que nos brinda un número prácticamente ilimitado de posibilidades. Su evolución es constante y exponencial, y dada esa rapidez surge el problema de tener un estudio de su seguridad a la altura.

La Investigación, Desarrollo e Innovación nanotecnológicas no corren paralelas a una Prevención de Riesgos Laborales a la altura, encontrándose problemas de gran calibre como una legislación no estandarizada, muy por detrás del avance científico-tecnológico, generando una importante incertidumbre entre los trabajadores pertenecientes a los sectores nanotecnológicos, así como a los consumidores directos e indirectos de esta tecnología. La necesidad de avanzar en vistas a una mayor seguridad y salud laboral se hace patente ante el desconocimiento de gran parte de los nanomateriales, difiriendo en gran medida de los datos y estudios de materiales con la misma composición molecular, pero un tamaño mucho mayor.

A nivel nacional, los datos indican que España debe de aumentar su esfuerzo en I+D+I sobre el aspecto nanotecnológico, no dejando atrás una tecnología que ha



demostrado ser el futuro en todos los aspectos sociales, económicos y relativos a la salud, intensificando la creación de una legislación que, en conjunto con una prevención de riesgos laborales centrada en la nanotecnología, logren proteger a los trabajadores, ciudadanos y medio ambiente de las consecuencias negativas que conlleva este nuevo paradigma tecnológico, y beneficiarse de las nuevas posibilidades que brinda esta nueva revolución tecnológica.

La pandemia del COVID-19 ha demostrado la necesidad del uso de la nanotecnología para la protección de la seguridad y salud de los trabajadores y de los ciudadanos en general. Queda por delante el reto de una mayor investigación sobre los efectos de la exposición a nanomateriales y sobre sus usos, y un estudio sobre las necesidades legislativas en materia de prevención y protección. Pero mientras tanto, no debemos bajar la guardia y se deberán evaluar los riesgos laborales e implantar medidas preventivas en base a la legislación actual, para evitar daños a la seguridad y salud de los trabajadores.

7- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABC. (2020).: *Cómo la nanotecnología mantendrá tu coche libre de coronavirus por varios años. (ABC Reportajes)* https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-como-nanotecnologia-mantendra-coche-libre-coronavirus-varios-anos-202005250228_noticia.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.es%2F
(Consultado 13 de junio de 2020)

ALONSO ANDALUZ, J, SÁNCHEZ PÁRAMO, J. (2006). “Nanotecnología en España. Debate” *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología. Nanociencia y Nanotecnología*, núm. 34, http://www.nanospain.org/files/papers/revista34_Madri+d.pdf (consultada el 27 de mayo de 2020).

ALONSO GUTIERREZ BRENDA J., LÓPEZ MELÉNDEZ A., YAZMIN RODRÍGUEZ LIÑAN C., LÁZARO LÓPEZ DAVID A (2015). “La nanotecnología a 40 años de su aparición: Logros y Tendencias”. *Ingenierías*, enero-marzo, vol. XVIII, núm. 66, pp. 13 ss.



“Implicación e Influencia de las Nanotecnologías y los Nanomateriales en PRL”

CORREIA, A (2019). *La revolución de la nanotecnología*, <https://www.mapfreglobalrisks.com/gerencia-riesgos-seguros/articulos/la-revolucion-de-la-nanotecnologia/> (consultado el 23 de febrero de 2020)

CUADROS CELORRIO, M; LLANOS MÉNDEZ, A; VILLEGAS PORTERO (2010). *Nanotecnología en Medicina. Informe de síntesis de tecnología emergente* Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía - AETSA 2007/02-2.

DELGADO, J.L; HERRANZ, A, y MARTÍN, N (2007). “Nanoestructuras de carbono: un nuevo desafío científico” *An. Quím*, 103(4), pp. 5–13.

EUROPAPRESS (2020). *El CSIC, cerca de desarrollar un nanodispositivo universal capaz de detectar cualquier virus o bacteria.* <https://www.europapress.es/ciencia/noticia-csic-cerca-desarrollar-nanodispositivo-universal-capaz-detectar-cualquier-virus-bacteria-20200413171146.html> (Consultado el 12 de junio de 2020)

EUROPEAN PUBLIC HEALTH AND CONSUMER PROTECTION AGENCY (2007). *“Situación actual de la nanociencia y nanotecnología”*

EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2017). *“Nanotecnología para combatir el cáncer mucho más rápido”* <https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/es/fighting-cancer-using-nanotechnology>. (consultado el 12 de mayo de 2020)

FERNANDEZ DE GATTA SANCHEZ, D, FERNANDEZ DE GATTA PEREZ, P. “Las acciones estratégicas y jurídicas de la Unión Europea sobre nanotecnología: el futuro que ya es presente” *Ars Iuris Salmanticensis*, vol. 5, pp. 113-144

FEYNMAN, R.P (1960): “There's Plenty of Room at the Bottom”. *Engineering and Science*, 23 (5). pp. 22-36.

FITO LÓPEZ, C. (2016): *Marco Legal y limitaciones actuales para la evaluación de los riesgos de los nanomateriales y nanoproducidos* Invassat. <http://www.invassat.gva.es/documents/161660384/163766431/Marco+>



[Legal+y+limitaciones+actuales+para+la+evaluacion+de+los+riesgos+de+los+n
anomateriales+y+nanoproductos/da2dad99-c09f-4135-af4d-790c19424fca](#)
(consultado el 16 de abril de 2020)

FOLADORI, G (2010). “Las nanotecnologías en contexto”, *Sociología y Tecnociencia. Revista digital de sociología del sistema tecnocientífico*. núm 0. Vol. 2.

FOLADORI, G y INVERNIZZI, N (2016).: “La regulación de las nanotecnologías: una mirada desde las diferencias EUA-UE” *Vigilancia sanitaria a debate*, núm.4 (2) pp. 8-20.

FUNDACIÓN OPTI (OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL) (2008). “*Aplicaciones Industriales de las nanotecnologías en España en el horizonte 2020.*”
file:///C:/Users/usuario/AppData/Local/Temp/EOI_AplicacionesNanotecnologia_2008.pdf (consultado el 30 de mayo de 2020)

FUNDACION PHANTOMS (2008). *Nanociencia y Nanotecnología en España – Un análisis de la situación presente y de las perspectivas de futuro.*

GASCUEÑA, D (2020).: *Nanotecnología y nuevos materiales para la lucha contra la COVID-19.* *Open Mind BBVA.*
<https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/investigacion/nanotecnologia-y-nuevos-materiales-para-la-lucha-contra-la-covid-19/> (consultado el 12 de junio de 2020)

GÓMEZ, V. (2016).: *Nanotecnología + Prevención= Nanoseguridad*, MC Salud,
https://www.researchgate.net/profile/Virginia_Gomez3/publication/294580050_NANOTECONOLOGIA_PREVENCION_NANOSEGURIDAD/links/56c1e84a08ae44da37ff4643/NANOTECONOLOGIA-PREVENCION-NANOSEGURIDAD.pdf
(consultado el 25 de abril de 2020)

HUERTAS, S. (2016).: *Las Propiedades de lo pequeño: La nanotecnología y su aplicación en la prevención de los riesgos laborales.* Asepeyo
<https://www.asepeyo.es/blog/seguridad-laboral/nanotecnologia-propiedades/>
(consultado el 20 de abril de 2020)



JANETT, B, GUTIÉRREZ, A LÓPEZ MELÉNDEZ, A, YAZMIN RODRÍGUEZ, C; LIÑAN, D, (2015).: “La nanotecnología a 40 años de su aparición: Logros y tendencias, *Ingenierías*, Vol. XVIII, No. 66

LOBATO, E. (2019).: *Aplicaciones de la Nanotecnología en Medicina* <http://www.invasat.gva.es/documents/161660384/163766431/Aplicaciones+de+la+nanotecnolog%C3%ADa+en+medicina/ac724e20-afbb-4748-8b0c-c3bc51f2564d> (consultado el 13 de abril de 2020)

MARTÍN E. (2020).: *La OIT alerta de los nuevos riesgos psicosociales asociados a la digitalización, la robótica y la nanotecnología.* https://sincro.com.es/blog/actualidad-laboral/la-oit-alerta-de-los-nuevos-riesgos-psicosociales-asociados-a-la-digitalizacion-la-robotica-y-la-nanotecnologia/?fbclid=IwAR3qj_03VKglnm_v91pAl2OVwZnXa18AKdk7479Ib4vA53ApwAsDwOPjtnQ (consultado el 24 de mayo de 2020).

MATTIAS STEPHAN EL AL (2017). “In situ programming of leukaemia-specific T cells using synthetic DNA nanocarriers”. *Nature Nanotechnology*. 12, pp. 813–820 <http://dx.doi.org/10.1038/nnano.2017.57> (consultado el 5 de junio de 2020).

MYERS, A. (2020).: *COVID-19 prompts Stanford engineers to rethink the humble face mask.* *Stanford News.* <https://news.stanford.edu/2020/04/14/stanford-researchers-reengineer-covid-19-face-masks/> (Consultado el 11 de junio de 2020)

ORTÍ LLADRÓ, J (2015). “Análisis del sector nanotecnológico en España” Proyecto Fin de Carrera, <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/57622/An%20E1lisis%20del%20sector%20nanotecnol%F3gico.pdf?sequence=1> (consultado el 20 de mayo de 2020).

RAE (2020).: *Nanotecnologías,* <https://dle.rae.es/nanotecnolog%C3%ADa> (consultada el 27 de febrero de 2020).

RICO GARCÍA, D. (2019).: *Gestión del Riesgo por exposición a nanomateriales* <https://prevencionar.com/2019/05/08/gestion-del-riesgo-por-exposicion-a-nanomateriales/> (consultada el 1 de junio de 2020)



SÁNCHEZ HIDALGO, R. (2013).: *Implicación e Influencia de las Nanotecnologías y Nanomateriales en Prevención de Riesgos Laborales*. Centro de Seguridad y Salud Laboral de Castilla y León.

SECRETARÍA DE POLÍTICA SINDICAL DE LA UGT DE CATALUNYA-SALUD LABORAL (2017).: *La nanotecnología, un riesgo emergente*.

TERRONES, M (2003).: “La nanotecnología del carbono”, *Revista Ciencia*, núm. 3, pp. 32-39.

TORREGOSA, D. (2010).: *La Nanotecnología y sus riesgos para la salud laboral* <https://naukas.com/2010/11/22/la-nanotecnologia-y-sus-riesgos-para-la-salud-laboral/> (consultado el 12 de mayo de 2020).

TORRES CEBADA, T (2002).: “Nanoquímica y nanotecnología: nuevos materiales, polímeros y máquinas moleculares” *Encuentros multidisciplinares*, núm. 12.

8.-ANEXO LEGISLATIVO

Reglamento (CE) 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 sobre los productos cosméticos DOUE L 342 de 22 de diciembre de 2009, pp. 59 y ss.

Directiva 2004/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos o mutágenos durante el trabajo.

Real Decreto 349/2003, de 21 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y por el que se amplía su ámbito de aplicación a los agentes mutágenos.

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.



Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas.

Directiva 98/24/CE del Consejo de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Directiva 89/655/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de trabajo

Directiva 89/391/CEE del Consejo: medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo

Directiva 76/768/CEE del Consejo, de 27 de julio de 1976, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros en materia de productos cosméticos



9.-INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica. Correia y Serena. Apuntes de Ciencia y Tecnología. 2003, 9.....9

Ilustración 2. Mapa de centros I+D dedicados a la investigación en Nanotecnología en España. Fuente. Documento de trabajo ICONO: Evolución de la nanotecnología en España junio de 2018. FECYT, ICONO. Elaboración con base en el Mapa de Instituciones de I+D+I de ICONO.....14

Ilustración 3. Tendencias de trabajos y ganancias generados por el sector de la nanotecnología. Fuente. Janett, B, Gutiérrez, A, López Meléndez, A, Yazmin Rodríguez, C; Liñan D, (2015). “La nanotecnología a 40 años de su aparición: *Logros y tendencias, Ingenierías*, Vol. XVIII, No. 66”16

Ilustración 4.- Publicaciones de investigaciones y congresos. Fuente: Alonso Andaluz, J, Sánchez Páramo, J. (2006).: “Nanotecnología en España. Debate” *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología. Nanociencia y Nanotecnología*, núm. 34.....18