



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Escuela de Doctorado de Ciencias, Tecnologías en Ingenierías.
Programa de Doctorado en Ingeniería Civil.
Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de
Ingeniería Departamento de Construcciones Arquitectónicas.

TESIS DOCTORAL

Análisis integral de la Seguridad y Salud laboral en el uso de nanomateriales en edificación

Granada, 2018

Doctoranda: Beatriz María Díaz Soler
Directoras de Tesis: Dra. Mónica López Alonso
Dra. María Dolores Martínez Aires



Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Beatriz María Díaz Soler
ISBN: 978-84-1306-099-6
URI: <http://hdl.handle.net/10481/54779>



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Escuela de Doctorado de Ciencias, Tecnologías en Ingenierías

Programa de Doctorado en Ingeniería Civil

Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería &
Departamento de Construcciones Arquitectónicas

TESIS DOCTORAL

Análisis integral de la Seguridad y Salud laboral en el uso de nanomateriales en edificación

Granada, 2018

Doctoranda: Beatriz María Díaz Soler

Directoras de Tesis: Dra. Mónica López Alonso
Dra. María Dolores Martínez Aires

Editor: Universidad de Granada. Tesis doctorales.

Autora: Beatriz María Díaz Soler

Compromiso de respeto de los derechos de autor

La doctoranda / **The doctoral candidate** Beatriz María Díaz Soler y las directoras / **and the thesis supervisor/s** María Dolores Martínez Aires y Mónica López Alonso:

Garantizamos al firmar esta Tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado bajo la dirección de las directoras de la Tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Guarantee, by signing this doctoral thesis, that the work has been done by the doctoral candidate under the direction of the thesis supervisor/s and, as far as our knowledge reaches, in the performance of the work, the rights of other authors to be cited (when their results or publications have been used) have been respected.

En Granada, 5 de noviembre de 2018.

Fdo. Beatriz María Díaz Soler
Doctoranda

Fdo. María Dolores Martínez Aires
Directora

Fdo. Mónica López Alonso
Directora

A un gran albañil y encofrador:

Quien me enseñó cuáles son las mejores herramientas para el trabajo de la vida:

valentía, humildad, sabiduría, equilibrio y carcajadas.

Mi abuelito Gregorio.

Agradecimientos

En estas líneas quisiera agradecer a todas las personas que de un modo u otro me han acompañado en el camino académico y de vida que ha supuesto para mí la elaboración de la presente Memoria de Tesis. Con el temor de omitir a personas que han intervenido para su desarrollo, pido disculpas anticipadas y reitero mi agradecimiento.

En primer lugar, agradecer a María Dolores Martínez Aires y Mónica López Alonso que durante cuatro años que ha precisado la gesta de este trabajo, han estado en primera línea de este desafío, ofreciendo su guía, dedicación y absoluta paciencia. Sin embargo, no sólo por ser mis directoras de Tesis, merecen mención especial. Sino porque quiero destacar su gran calidad humana y que sin duda se han ganado el estar en un lugar especial en mi vida.

Reconocer el apoyo de mis familiares es fundamental. Ante las adversidades que se presentaron, mis padres, Leo y Paquita y mi hermana Inma, como no podía ser de otra manera, han estado presentes para no impedir que nada dejara de desarrollar al máximo mi potencial.

Los trabajos de campo no se hacen solos, es por ello que quiero agradecer a todos los que dedicaron unos valiosos minutos de su tiempo a responder mis encuestas para la investigación. También a Manuel Lloris, Maida Domat, Javier Plá, Encarnación Sousa, Mercedes Colorado, Josefa Aguilar, María Teresa Sánchez y Agurtzane Zugasti por su colaboración instrumental, operativa y de trabajo en las campañas de medición de exposición a nanomateriales en tareas de construcción. Quiero agradecer también a Joaquín Quirós, Ángel Lara y Teresa Díaz quienes trabajaron y estuvieron con máxima entrega, en las campañas de medición en los laboratorios de investigación y desarrollo de nuevos materiales.

¡Quién me diría que acabaría encontrando al amor de mi vida en unas Jornada sobre Prevención de Riesgos laborales y nanomateriales!... Este agradecimiento tan sincero, es para quien ha vertebrado este camino, con máximo cariño y apoyo incondicional...Carlos.

Por último, quiero agradecer a mis dos asistentes personales, planificadores de los descansos oportunos y maestros zen. Inseparables del ordenador en todo el proceso de trabajo, aunque no sabré si para darme su apoyo incondicional o por acercarse al calentito del flexo y el ordenador.... Rubi y el recién llegado Gandalf.

Resumen

El uso de nanomateriales manufacturados (NMMs), entendidos éstos como materiales cuyos principales constituyentes presentan una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm, permite mejorar las propiedades de multitud de materiales y productos utilizados ampliamente en el sector de la construcción. Entre dichos materiales se incluyen cementos más resistentes a la tracción mecánica, pinturas fotocatalíticas capaces de descomponer gases de efecto invernadero o con actividad antimicrobiana y recubrimientos antirayado para superficies como el vidrio.

La nanotecnología es un motor de la innovación tecnológica para el sector, previéndose un aumento exponencial de su aplicación que podría llegar a suponer que el 50 % de los materiales utilizados en 2025 contengan NMMs.

Pese a las expectativas de crecimiento esperadas, su aplicación se ha visto frenada por el actual grado de incertidumbre sobre los potenciales efectos de los NMMs en la salud y el medio ambiente. A este respecto, las mismas propiedades fisicoquímicas que posibilitan el desarrollo de nuevos productos con propiedades extraordinarias -incluyendo el tamaño, forma, área superficial- pueden ser el origen de efectos adversos en la salud.

En esta Memoria se analiza el grado en que los potenciales riesgos de los NMMs y nanoproductos aplicados en el sector de la construcción se conocen y gestionan, en dos etapas clave de su ciclo de vida: la etapa de desarrollo e investigación de nuevos materiales y la etapa de aplicación en obras de construcción. Con tal objeto, se han utilizado como herramientas de investigación dos encuestas; la primera de ellas fue diseñada para la identificación de las prácticas preventivas implementadas por técnicos de laboratorio y científicos durante el trabajo de desarrollo e investigación de nuevos materiales que contienen NMMs que realizan en universidades, organizaciones públicas de investigación y centros de investigación cooperativa. La segunda encuesta se centró en la evaluación del conocimiento de Coordinadores de Seguridad y Salud (CSS) sobre los tipos de productos de construcción con NMMs; sus potenciales riesgos para la salud, su identificación o evaluación en los Estudios o Planes de Seguridad y Salud, la forma en que la gestión de la prevención de riesgos nano-específicos se detalla en dichos documentos, así como el modo en que se identifican las operaciones realizadas en obras de construcción.

Los resultados de esta parte de la investigación denotan una evidente falta de medidas específicas para la gestión y control, tanto por parte de los trabajadores en centros de investigación como de las personas con responsabilidades en materia preventiva en las obras de construcción. Por otro lado, la información sobre los riesgos

específicos de los NMMs en los productos y actividades de relevancia en el sector de la construcción es muy escasa, además de desconocida por los CSS.

Además de lo anterior, se ha llevado a cabo una evaluación de los potenciales riesgos derivados del uso de NMMs y nanoproductos, utilizando como herramientas en la investigación el análisis de la información contenida en las fichas de datos de seguridad de nanoproductos utilizados habitualmente en construcción, complementándose con dos casos de estudio donde se analizó mediante métodos cualitativos (modelos matemáticos de estimación de la exposición) y cuantitativos (campañas de muestreo), el potencial riesgo para la salud derivado de la exposición por vía inhalatoria de los investigadores y trabajadores cuyas tareas incluyen la manipulación de NMMs.

El análisis de las fichas de datos de seguridad reveló que éstas no proporcionan información sobre el tipo de NMMs que contiene el producto. Tampoco incluyen recomendaciones específicas sobre el tipo de medidas de gestión del riesgo a aplicar, aspecto que puede desembocar en una mayor exposición y por tanto un potencial efecto adverso.

Por otro lado, los casos de estudio permitieron el análisis de los niveles de exposición en una actividad relevante llevada a cabo en laboratorios de investigación - limpieza de un reactor donde se realizan operaciones de recubrimiento de superficies mediante la deposición de nanopartículas metálicas en condiciones de alto vacío-, y otra realizada en obras de construcción - aplicación en obra de una pintura y un recubrimiento fotocatalítico formulados con nano-TiO₂.

Los resultados demostraron la existencia de niveles de exposición relevantes tanto en las operaciones de laboratorio estudiadas como en la aplicación con pistola de pinturas y recubrimientos formuladas con nanoTiO₂. En ambos casos se encontraron niveles de partículas en el rango del nanómetro muy por encima de los valores recomendados por centros de referencia, como el Instituto Alemán de Seguridad y Salud Laboral (IFA) o el Consejo Económico Social Holandés.

Finalmente, fruto del análisis del Estado del Conocimiento y los resultados de la investigación realizada, se ha elaborado un Decálogo de Buenas Prácticas para prevención de los riesgos por exposición a NMMs. A este respecto, se recomienda la aplicación del principio de precaución en todas las operaciones que conllevan la manipulación de NMMs, considerando el uso de máscaras con filtros tipo P3, doble guante de nitrilo, gafas de montura integral y sistemas de contención dotados de filtración de alta eficiencias (HEPA).

Palabras clave: nanotecnología, riesgo emergente, construcción, exposición

Abstract

The use of engineered nanomaterials (ENMs), understood as materials whose main constituents present one or more external dimensions in the size range from 1 nm to 100 nm, allows to improve the properties of a variety of materials and products widely used in the construction sector. These include an increase in the resistance to mechanical traction, photocatalytic paints with antimicrobial activity or greenhouse gases decomposition properties, or anti-scratch coatings for surfaces treatment such as glass.

Nanotechnology is a key driver for technological innovation in construction sector, where an exponential increase in its application is expected, with some predicting that 50% of building products will be nano-enabled by 2025.

Despite expected growth expectations, its application has been hampered by the current degree of uncertainty regarding the potential effects of NMMs on human health and the environment. In this regard, the same physicochemical properties that enable the development of new products with extraordinary properties, including size, shape or surface area, can lead to adverse health effects.

This document analyzes in depth the degree to which the potential risks of the ENMs are known and managed in two key stages in the life cycle of ENMs and nanoenabled products applied in the construction sector: the research and development of new materials, and the application of end-products in the construction site. To this end, two surveys were used as research tools, the first of them designed for the identification of preventive practices implemented by laboratory technicians and scientists, in universities, public research organizations and cooperative research centers during the research and development of new materials containing ENMs. The second survey focused on assessing the degree of knowledge of Health and Safety Coordinators (CSS) on the types of construction products containing ENMs, their potential effect on human health, their identification or evaluation within Health and Safety Studies or Plans, how the occupational risks prevention is managed and detailed in such documents, as well as the way in which the operations carried out in construction activities dealing with ENMs are identified.

The results of this part of the study show a clear lack of information on the specific risks posed by the use of ENMs in relevant products and activities in the construction sector, as well as on the application of specific measures for their management and control by the staff from research centers and those agents with responsibilities in health and safety matters in the construction site.

Besides the above, an evaluation of the potential risks derived from the use of ENMs and nanoenabled products was carried out, using as a tool for the investigation the analysis of the information included in the material safety data sheets of commonly used nanoenabled products in construction. This analysis was complemented with two case studies where the potential risk on human health derived from the exposure of researchers and workers dealing with ENMs was analyzed by means of exposure estimation mathematical models and sampling campaigns.

The analysis of the safety data sheets revealed that this documents do not provide information on the type of ENMs included in the product, nor do they include specific recommendations on the type of risk management measures to be applied, which may lead to greater exposure and therefore a potential adverse effect.

On the other hand, the case studies conducted allowed the analysis of the exposure levels in a relevant activity carried out in research facilities – cleaning of a reactor where the coating operations of surfaces by means of the deposition of metallic nanoparticles under high vacuum conditions were conducted-, as well as activities in the construction site - application of a paint and a coating containing titanium dioxide in the nanometer range (nanoTiO₂).

The results demonstrated the existence of relevant exposure levels during the laboratory operations and the application of the paint and coatings formulated with ENMs by means of spray guns. In both cases, particle levels in the nanometer range were above the threshold values recommended for ENMs by the German Institute for Occupational Safety and Health (IFA) or the Dutch Social Economic Council.

Finally, as a result of the analysis of the state of the art and the results of the research carried out, a decalogue of good practices for the prevention of risks posed by the exposure to ENMs was developed. In this regard, the application of the precautionary principle is recommended in all operations involving the handling of ENMs, including the use of masks fitted with P3 type filters, double nitrile gloves, tight-fitting safety goggles, and a containment system equipped with High Efficiency Particulate Air filter (HEPA).

Key words: nanotechnology, emerging risk, construction, exposure

ÍNDICE

Compromiso de respeto de los derechos de autor.....	iii
Agradecimientos.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	xi
ÍNDICE.....	xiii
Índice de Tablas.....	xvii
Índice de Figuras.....	xix
Índice de Gráficas.....	xx
Abreviaturas y acrónimos.....	xxi
1. VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
1.1.ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	25
1.2.JUSTIFICACIÓN.....	27
1.3.OBJETIVOS.....	28
1.4.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
1.4.1. FASE I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DEL TEMA.....	29
1.4.2. FASE II: DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS.....	30
1.4.3. FASE III: ANÁLISIS DE DATOS.....	31
1.4.4. FASE IV: RESULTADOS.....	32
1.4.5. FASE V: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	32
1.5. ESTRUCTURA DE MEMORIA DE TESIS.....	32
2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	39
2.1.NANOMATERIALES Y SUS USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.....	39
2.1.1. Definición.....	39
2.1.2. Tipologías de NMs.....	39
2.1.3. Aplicaciones en el sector de la construcción.....	42
2.2.RIESGOS DE LOS NMS EN EL LUGAR DE TRABAJO.....	45
2.2.1. Aspectos toxicológicos.....	45
2.2.2. Exposición en el lugar de trabajo.....	50
2.2.3. Exposición en el sector de la construcción.....	56

2.3.METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES	58
2.3.1. Introducción.....	58
2.3.2. Métodos cualitativos de evaluación de riesgos.....	58
2.3.1. Métodos cuantitativos de evaluación de riesgos	64
2.4.ESTADO ACTUAL DE LA NORMATIVA.....	72
3. METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN.....	81
3.1.COLECTIVOS DE TRABAJADORES EN CENTROS DE INVESTIGACIÓN	81
3.1.1. Etapa 1. Diseño de la encuesta.....	81
3.1.2. Etapa 2. Distribución de la encuesta	82
3.2.COLECTIVOS DE CSSs EN OBRA	84
3.2.1. Etapa 1. Diseño de la encuesta.....	84
3.2.2. Etapa 2. Distribución de la encuesta	85
3.3.EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO.....	85
3.4.EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LOS CASOS DE ESTUDIO	88
3.4.1. Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor.....	89
3.4.2. Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO ₂	90
4. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR PERSONAL TÉCNICOS DE LABORATORIOS Y DE INVESTIGACIÓN	95
4.1.ANTECEDENTES	95
4.2.ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO	97
4.2.1. Datos generales	97
4.2.2. Buenas prácticas en el lugar de trabajo	99
4.2.3. Medidas de Control.....	101
4.2.4. Equipos de protección individual (EPI)	104
4.2.5. Cuestiones de Seguridad y Salud	107
4.2.6. Evaluación de riesgos, monitorización de la exposición, vigilancia de salud y accidentes	109

5. EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COORDINADORES DE SEGURIDAD Y SALUD SOBRE NMMS	113
5.1.ANTECEDENTES	113
5.2.ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO	115
6. EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO DE PRODUCTOS ADITIVADOS CON NMMS EN CONSTRUCCIÓN	123
6.1.ANTECEDENTES	123
6.2.ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO	124
6.2.1. Peligros potenciales derivados de la adición de MNNs en productos de construcción	124
6.2.2. Usos representativos de NMMS	126
7. ESTUDIOS DE CASO: ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A NMMS	131
7.1.DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS ANALIZADOS.....	131
7.2.ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO	133
7.2.1. Evaluación cualitativa de los niveles de exposición a NMMS.....	133
7.2.2. Evaluación cuantitativa de los niveles de exposición a NMMS.....	134
8. RESULTADOS	143
8.1.IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR PERSONAL TÉCNICO DE LABORATORIOS Y DE INVESTIGACIÓN	143
8.2.EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COORDINADORES DE SEGURIDAD Y SALUD SOBRE NMMS	144
8.3.EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO DE PRODUCTOS ADITIVADOS CON NMMS EN CONSTRUCCIÓN	144
8.4.EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LOS CASOS DE ESTUDIO	145
8.4.1. Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor	145
8.4.2. Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO ₂	145
9. DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS	149
10. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	157
10.1. CONCLUSIONES.....	157
10.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	162
11. CAPÍTULO 11: PUBLICACIONES Y PREMIOS	167
12. CAPÍTULO 12: REFERENCIAS	171

13. CAPÍTULO 13: ANEXOS.....	193
13.1. ENCUESTA ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO.....	193
13.2. ENCUESTA ETAPA PUESTA EN OBRA.....	198
13.3. HOJAS DE DATOS MODELOS CUALITATIVOS	201
13.4. FICHAS TÉCNICAS Y DE DATOS DE SEGURIDAD DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS	259

Índice de Tablas

Tabla 1. Nanoproductos y NMMs aplicados en el sector de la construcción	44
Tabla 2. Métodos cualitativos actuales de apoyo para la evaluación del potencial de exposición de NMMs.....	60
Tabla 3. Valores límite de exposición recomendados propuestos por instituciones de referencia.....	66
Tabla 4. Principales principios y equipos medida.....	67
Tabla 5. Inventarios on-line de nanoproductos consultados y los criterios aplicados para la introducción de productos en el inventario.....	86
Tabla 6. Equipos utilizados para la evaluación cuantitativa de la exposición	90
Tabla 7. Campos de Investigación y NMMs más representativos.....	97
Tabla 8. Controles de exposición implementados clasificados por grupos y número de respuestas	101
Tabla 9. Tasas de incidencia relativa (%) de las medidas de control implementadas según el tipo de organización y el número de trabajadores potencialmente expuestos a NMM por lugar de trabajo.....	102
Tabla 10. Relación entre los grupos de medidas de control que los encuestados indicaron ser implementados y las características de los NMMs indicados para tratar a	103
Tabla 11. Equipos de protección individual clasificados por grupos y número de respuestas.	105
Tabla 12. Relación entre el uso de equipo de protección individual y las características de los NMs usados que indicaron los encuestados	106
Tabla 13. Distribución de respuestas (%) sobre el conocimiento de los riesgos nanoespecíficos.....	108
Tabla 14. Información general y nano-específica analizada en las FDS.....	125
Tabla 15. Exposición potencial a NMMs estimada en operaciones habituales	128
Tabla 16. Escenarios de exposición estudiados.....	132

Tabla 17. Resultados del análisis cualitativo de la exposición mediante la aplicación del modelo Control Banding Nanotool	133
Tabla 18. Resultados del análisis cualitativo de la exposición mediante la aplicación de los modelos CB Nanotool, ART Tool y Stoffenmanager Nanomodule 1.0.....	134
Tabla 19. Niveles de partículas medidos con CPC y con NanoScan durante la pulverización	137
Tabla 20. Eliminación del nanoproducto.	152
Tabla 21. Substitución del nanoproducto, equipo y proceso de trabajo.	152
Tabla 22. Controles de ingeniería.....	153
Tabla 23. Equipo de protección personal individual.	153
Tabla 24. Prácticas organizativas y de trabajo.....	154

Índice de Figuras

Figura 1: Introducción a la nanotecnología y NMs.....	25
Figura 2. Propiedades peculiares y específicas de los NMs.....	45
Figura 3. Partes del árbol respiratorio	52
Figura 4. Equipos de medida utilizados en la evaluación cuantitativa de la exposición	67
Figura 5. Metodología de medida recomendada por la OECD	70
Figura 6. Principales reglamentos aplicables a los NMMs en Europa.....	72
Figura 7. Redes, plataformas tecnológicas, y tipos de organizaciones identificadas que conforman el universo de estudio.....	83
Figura 8. Flujo de trabajo y criterios aplicados para seleccionar los nanoproductos usados en obras de construcción.....	87
Figura 9. Lamina de deposición extraída para su limpieza (lijado)	131
Figura 10. Trabajador durante la aplicación de la pintura y recubrimiento fotocatalítico mediante pistola (izq.) y rodillo (drch.).	133
Figura 11. Derecha: Agregado de partículas encontradas durante el proceso de lijado. Izquierda: Espectro EDXS del filtro (picos para Boro, Ti, Cobre y O ₂)	136
Figura 12. Derecha: Partícula de titanio de ~ 1.1 µm encontrada durante la pulverización del recubrimiento fotocatalítico. Izquierda: Espectro EDXS con picos de Al, C, Cl, O y Ti.....	139

Índice de Gráficas

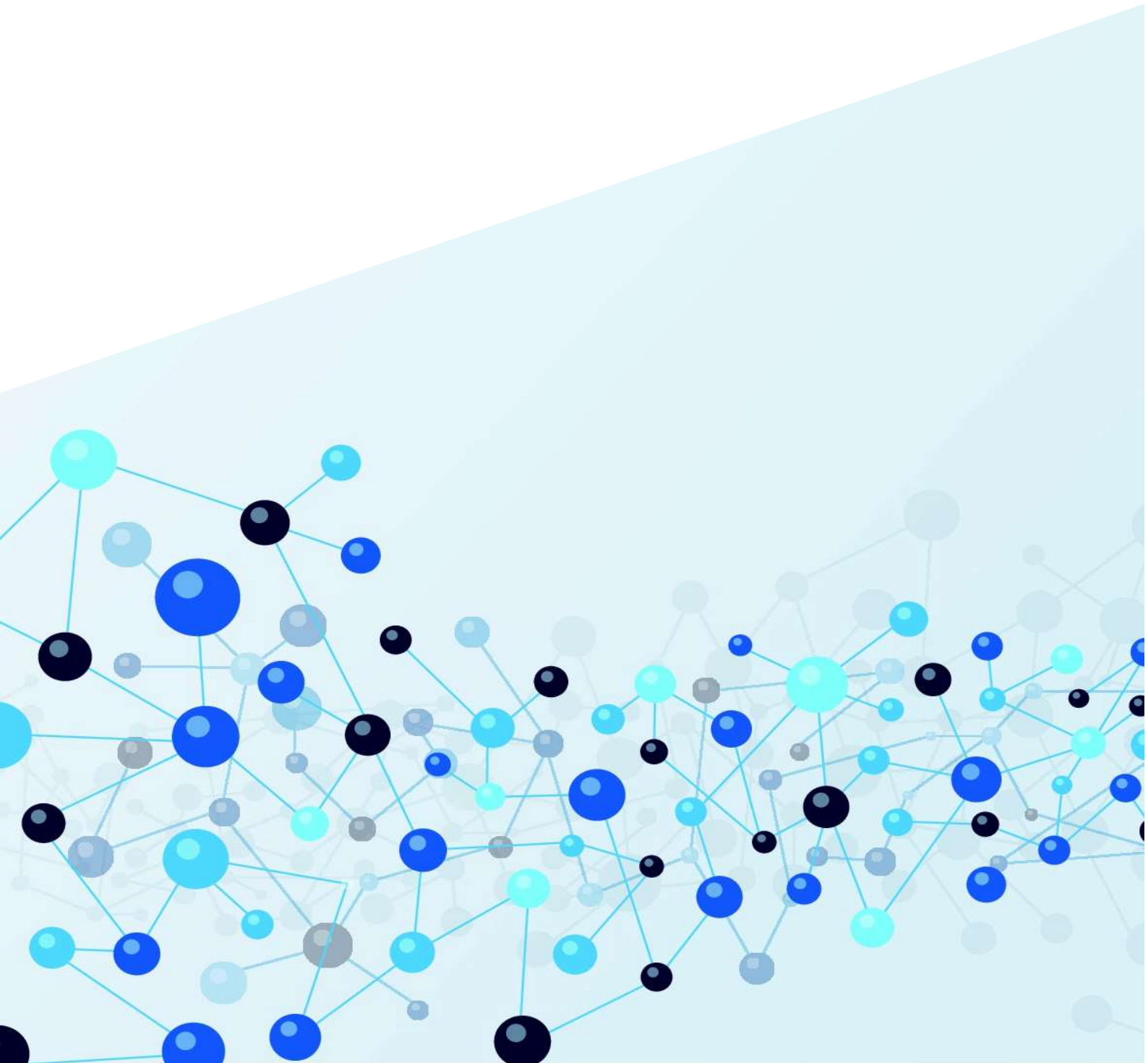
Gráfica 1. Depósito total y por regiones de las nanopartículas en función del diámetro de las partículas calculado con modelo de la CIPR.....	52
Gráfica 2. Número de trabajadores expuestos a NMMs en comparación con el tipo de organización y el número de NMM diferentes manejados	98
Gráfica 3. Especificaciones de uso de NMMs: frecuencia, cantidad y características ...	99
Gráfica 4. Buenas prácticas para el trabajo con NMMs	100
Gráfica 5. Tipo de tratamientos de nanoresiduos por tipo de NMMs.....	100
Gráfica 6. Tasas de incidencia relativa (%) del número de NMMs diferentes tratados de acuerdo con la presencia de un determinado tipo de medidas de control.....	104
Gráfica 7. Tipos de nanoproductos reconocidos por los CSSs frente a su aplicación en obras de construcción.	116
Gráfica 8. Operaciones realizadas en obras de construcción con nanoproductos.....	117
Gráfica 9. Sensibilización e identificación de potenciales nanorriesgos en documentos de Seguridad y Salud de la obra.....	118
Gráfica 10. Aspectos específicos de Seguridad y Salud incluidos en la planificación, organización y control de actividades donde los nanoproductos son utilizados.....	119
Gráfica 11. Aspectos identificados en la descripción de los procedimientos de trabajo: medidas de prevención y protección.....	120
Gráfica 12. Niveles de partículas observados durante el lijado mediante el contador CPC.....	135
Gráfica 13. Niveles de partículas observados durante el lijado mediante el contador OPS.....	135
Gráfica 14. Tamaño medio de partículas durante el esprayado de pintura. Arriba: pintura plástica, centro: pintura fotocatalítica e inferior: recubrimiento fotocatalítico.	138

Abreviaturas y acrónimos

CARACAL	Grupo de trabajo de autoridades competentes para la implementación de los reglamentos europeos relativos al REACH y CLP
CSE	Coordinador de Seguridad y Salud de obras de construcción en fase de ejecución
CSP	Coordinador de Seguridad y Salud de obras de construcción en fase de proyecto
CLP	Reglamento CLP sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias y Mezclas Químicas
CSS	Coordinador de Seguridad y Salud
ECHA	Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas
FDS	Fichas de datos de seguridad
FF	Fuente de emisión lejana (far field)
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo
IOSH	Institution of Occupational Safety and Health
NF	Fuente de emisión cercana (near field)
NM	Nanomaterial
NMM	Nanomaterial manufacturado
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
REACH	Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias químicas
PBZ	Zona de respiración del trabajador (Particle Breathing Zone)
VLA	Valor límite ambiental

CAPÍTULO 1

VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN



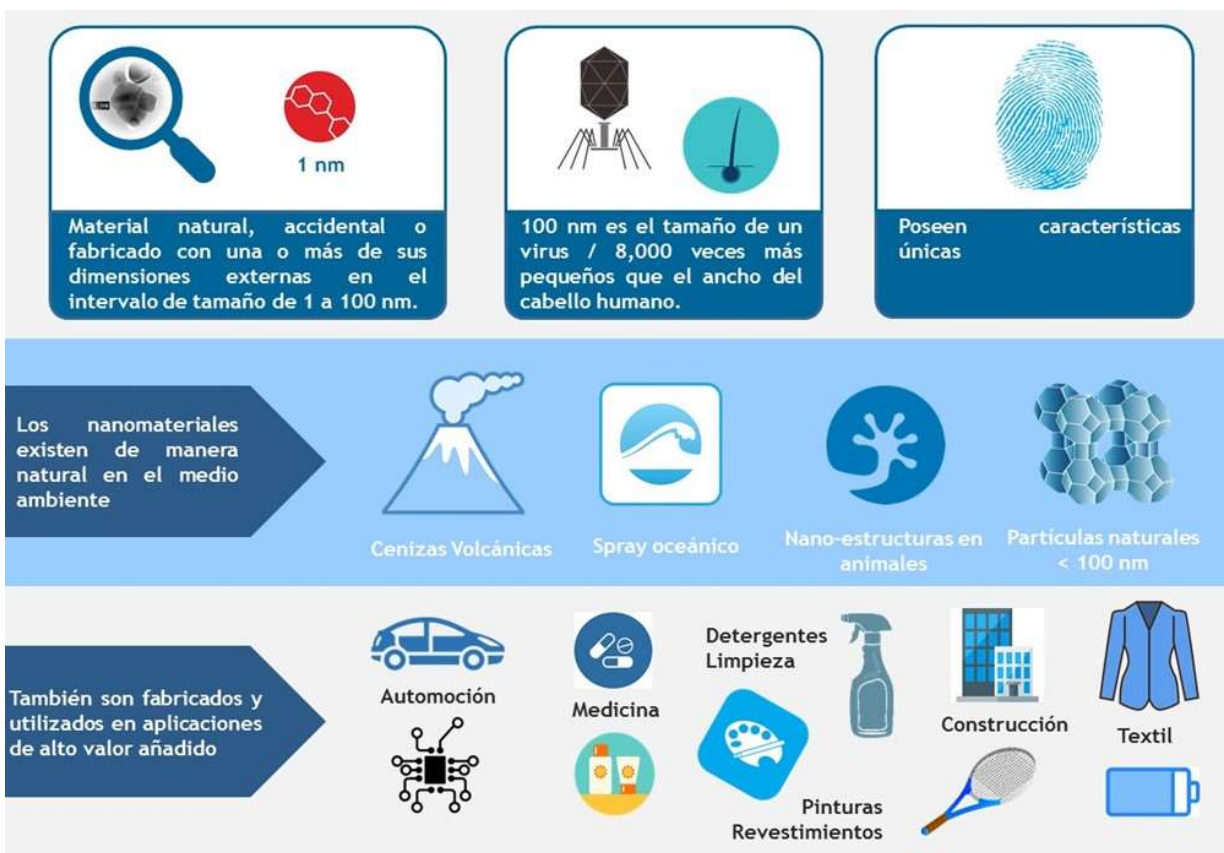
1. VISIÓN GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la última década, la nanotecnología se ha convertido en una de las áreas de investigación con mayor crecimiento tecnológico y científico, siendo una de las tecnologías con mayor importancia en el desarrollo de nuevos productos. A ello se une que se ha definido como una de las tecnologías principales para abordar los Retos Sociales dentro del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea HORIZONTE 2020.

La nanotecnología puede entenderse como un área científico-técnica dirigida al estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia en la escala del nanómetro (10^{-9} m), donde las leyes habituales de la física dejan de regir y la física cuántica dispone sus preceptos, manifestándose propiedades ópticas, mecánicas, magnéticas, eléctricas, térmicas y biológicas, diferentes a las habituales (ver Figura 1).

Figura 1: Introducción a la nanotecnología y NMs



Fuente: Elaboración propia.

El sector de la construcción no es ajeno a las oportunidades que supone el uso de materiales y productos que incorporan en su matriz o formulación materiales cuyos principales constituyentes presentan una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 nm y 100 nm, denominados comúnmente nanomateriales (NMs) o nanomateriales manufacturados (NMMs).

Existen otras muchas aplicaciones que podemos encontrar en el mercado, además de nuevos desarrollos en fase de investigación. En la industria de la construcción, aunque comparada con otros sectores aún no han explotado de forma plena todas las nuevas oportunidades que la nanotecnología ofrece, existe un incremento en su aplicación, en este sentido, se prevé un aumento exponencial de su aplicación que se ha estimado podrá suponer que el 50 % de los materiales utilizados en 2025 sean nanoestructurados (AECOM, 2014).

Las expectativas de crecimiento esperado para las aplicaciones de la nanotecnología se han visto frenadas en los últimos años por la incertidumbre asociada a los potenciales efectos nocivos de los NMMs en la salud de las personas (Wang y Grainger, 2014). Propiedades como tamaño, reactividad, forma o solubilidad están relacionadas directamente con una mayor actividad proinflamatoria y potencial oxidativo, pudiendo manifestarse en forma de afecciones en el sistema respiratorio, enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer. Su principal vía de entrada al organismo es la vía inhalatoria, especialmente destacables en aquellas tareas que conllevan la generación de polvo (corte, lijado, taladrado, perforado, etc.) o nieblas (pulverización de pintura)(Sanz, 2013).

Los estudios disponibles actualmente no son suficientes para el establecimiento de valores límite de exposición, pero si se ha podido demostrar que pueden afectar al organismo, por ello, la exposición a NMs es uno de los nuevos riesgos en el trabajo emergentes¹ más importantes (European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2009) y en particular en construcción (Sanz, 2013).

Finalmente, pese al crecimiento del mercado de la nanotecnología -de hecho, se espera superar la cifra de ingresos de 9 billones dólares en 2022 (Inshakova y Inshakov,

¹ Se define riesgo emergente, como cualquier riesgo nuevo que va en aumento (European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2014). Por «nuevo» se entiende: el riesgo no existía anteriormente y está causado por nuevos procesos, tecnologías o tipos de lugar de trabajo, o por cambios sociales u organizativos; o que se trata de un problema persistente que pasa a considerarse como un riesgo debido a un cambio en las percepciones sociales o públicas; o que un nuevo conocimiento científico da lugar a que una cuestión no novedosa se identifique como riesgo. El riesgo «va en aumento» cuando: aumenta el número de factores de peligro que dan lugar al mismo, la exposición al factor de peligro que da lugar al riesgo aumenta (nivel de exposición y número de personas expuestas), o el efecto del factor de peligro sobre la salud de los trabajadores empeora (gravedad de los efectos sobre la salud y número de personas afectadas).

2017)- y la incertidumbre actual sobre efectos toxicológicos y exposición potencial, no existe un marco regulador específico que establezca disposiciones específicas para la evaluación, comunicación y gestión del riesgo.

En la Unión Europea, la labor coordinada de los comités técnicos que trabajan en actividades de estandarización de las nanotecnologías y NMMs, el grupo de trabajo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos sobre NMMs (WPMN) y CARACAL - grupo de trabajo de autoridades competentes para la implementación de los reglamentos europeos relativos al Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias químicas (REACH) y sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado (Reglamento CLP)-, ha permitido la incorporación de modificaciones en los anexos del reglamento REACH. Además, se han definido los requisitos específicos de información para garantizar su uso seguro, la revisión de las guías y métodos de ensayo para la caracterización toxicológica de la OECD, así como la definición de estrategias, técnicas y protocolos de muestreo para la determinación de la concentración de NMMs en el lugar de trabajo (OECD, 2017), estableciéndose un primer marco de referencias para la realización de la actividad preventiva.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El aumento de la producción y presencia en el mercado de productos que incorporan NMMs en su formulación o matriz -conocidos coloquialmente como nanoproductos- con propiedades de alto valor añadido para el sector de la construcción, supone un nuevo reto en la Prevención de los Riesgos Laborales. Por ello, se hace necesario ahondar en el conocimiento de las propiedades toxicológicas de NMMs y nanoproductos utilizados, estudiar los niveles de exposición en condiciones previstas de uso e identificar las medidas de control adecuadas para garantizar un alto nivel de protección de la salud de las personas y el medio ambiente en las etapas de desarrollo de nuevos productos, fabricación de NMMs y nanoproductos y, por último, la aplicación profesional en obras de construcción.

El trabajo de investigación presentado en esta Memoria responde a la necesidad de profundizar en la mejora del conocimiento de los potenciales riesgos para la salud del trabajador expuesto a los NMMs y nanoproductos utilizados habitualmente en el sector de la construcción, así como incluir algunas recomendaciones/buenas prácticas en su manejo. Dado que dicha exposición a NMMs se produce en todo su ciclo de vida, en este trabajo se incluyen, por un lado los trabajadores que desempeñan tareas vinculadas a la investigación y desarrollo de nuevos materiales basados en nanotecnología y, por

otro lado, a los trabajadores del sector de la construcción que posteriormente se encargarán de su puesta en obra.

Para el estudio de la fase de puesta en obra, es necesario conocer el grado de conocimiento actual sobre los riesgos de los NMMs y nanoprodutos por parte de los responsables de la Seguridad y Salud de los trabajadores en obras de construcción, en concreto, se elige la figura del Coordinador de Seguridad y Salud (CSS) como garante de ésta, distinguiéndose al Coordinador en fase de proyecto (CSP) y al Coordinador en fase de ejecución (CSE)(Ministerio de la Presidencia, 1997). El CSP debe coordinar la aplicación de los principios de la acción preventiva, incluyendo la definición de medidas técnicas y organizativas con el fin de planificar los distintos trabajos o fases del trabajo que se desarrollarán simultánea o sucesivamente; el CSE asume la responsabilidad de verificar que los procedimientos de trabajo se aplican correctamente y que los empleadores cooperan en la coordinación de sus actividades.

1.3. OBJETIVOS

El **OBJETIVO GENERAL** de la investigación es revelar la situación actual del uso de nanoprodutos de construcción desde la perspectiva de la Prevención de Riesgos Laborales, aportando recomendaciones preventivas, en dos etapas claves del ciclo de vida:

- el desarrollo e investigación de nuevos materiales,
- y su posterior aplicación en obras de construcción.

Este objetivo general se descompone en los siguientes objetivos específicos:

Objetivo específico 1. Identificación de las prácticas preventivas implementadas por el personal técnico de laboratorios y el de investigación, en universidades, organizaciones públicas de investigación y centros de investigación cooperativa, durante el trabajo de desarrollo e investigación de nuevos materiales que contiene NMMs.

Se engloba la identificación de la información general sobre los tipos de NMMs que se manipulan, controles administrativos, medidas de control, equipos de protección individual (EPI) utilizados, campos de investigación actuales relacionados con el uso de NMMs, cantidad de NMMs manejados a la vez, la frecuencia mensual de exposición potencial, buenas prácticas de trabajo, conocimiento sobre los riesgos nanoespecíficos, monitorización de la exposición, identificación en la evaluación de riesgos de la exposición a NMMs, vigilancia de la salud, accidentes relacionados con el uso de NMMs y la formación e información en materia preventiva.

Objetivo específico 2. Análisis del conocimiento de los CSS en obras de construcción sobre los tipos de productos de construcción con NMMs. Identificar sus conocimientos sobre los potenciales riesgos para la salud, su identificación o evaluación en los Estudios o Planes de Seguridad y Salud, la forma en que la gestión de la prevención de riesgos nano-específicos se detalla en dichos documentos, así como el modo en que se identifican las operaciones realizadas en obras construcción.

Objetivo específico 3. Evaluación cualitativa del riesgo considerando la información disponible en las fichas de datos de seguridad (FDS) de productos aditivados con NMMs que son utilizados habitualmente en obras de construcción.

Objetivo específico 4. Evaluación de la exposición a NMMs mediante el estudio de casos de tareas representativas de las dos etapas del ciclo de vida analizadas. En la etapa de investigación, la limpieza de un reactor donde se realizan operaciones de recubrimiento de superficies mediante la deposición de nanopartículas metálicas en condiciones de alto vacío. En la etapa de puesta en obra, la aplicación de una pintura y un recubrimiento fotocatalítico formulados con nano-TiO₂.

Objetivo específico 5. Definición de un Decálogo de Buenas Prácticas en el uso de productos aditivados con NMMs que son utilizados habitualmente en obras de construcción.

1.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos planteados se ha llevado a cabo una metodología estructurada en cinco fases que se explican a continuación.

1.4.1. FASE I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DEL TEMA

En el marco de la primera fase de la investigación se ha llevado a cabo una búsqueda exhaustiva de los principales recursos de documentación accesibles, incluyendo: publicaciones científicas publicados en Scopus y Web of Science (WOS); inventarios de acceso libre a información técnica sobre productos en el mercado incorporando NMMs en su formulación y aplicables en el sector de la construcción; publicaciones técnicas de expertos en nanotecnología y construcción; páginas web especializadas en nanotecnología y aplicaciones, incluyendo el observatorio de productos publicados por la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA) "Nanotechnology knowledge base" y la base de datos Statnano.

Además de estas fuentes, en materia de Seguridad y Salud se han consultado las páginas web oficiales de los proyectos incluidos en el clúster europeo de nanoseguridad,

destacando los proyectos NanoREG (NANoREG, 2017) y e-nanomapper (e-nanomapper, 2018)-ambos proyectos referencia en el ámbito de la seguridad de los NMs y que brinda acceso público a bases de datos con información contrastada sobre las propiedades de los NMs.

La revisión bibliográfica se realizó con objeto de documentar de forma adecuada el Estado del Conocimiento sobre NMMs (Capítulo 2 de la presente Memoria), incluyendo aspectos relativos al conocimiento actual sobre la toxicología y mecanismos de acción de los NMMs, potencial de exposición en procesos a escala de laboratorio (piloto e industrial), aplicaciones en el sector de construcción, medidas de gestión del riesgo, y aspectos regulatorios.

1.4.2. FASE II: DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

La metodología aplicada para la obtención de información difiere para cada uno de los objetivos propuestos. En el caso de los Objetivos específicos 1 y 2, la metodología se centró en el diseño de encuestas diseñadas específicamente para la obtención de información relevante para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación. Se diseñaron dos encuestas, una para cada uno de los colectivos abordados: la primera para el personal técnico de laboratorios y el de investigación, en universidades, organizaciones públicas de investigación y centros de investigación y la segunda para CSS en obras de construcción.

En el caso del Objetivo específico 3, se analizaron en profundidad las fichas de datos de seguridad de productos de construcción basados en nanotecnología, incluyendo frases de riesgo (Frases H²), indicación de la presencia de NMMs en la lista de ingredientes, consideraciones específicas para NMMs en el apartado de exposición y medidas de protección.

Para la evaluación cualitativa del potencial de exposición necesario para el Objetivo específico 4, se aplicaron distintas herramientas matemáticas: Control Banding Nanotool, StoffenManager Nanomodule 1.0, y Art Tool. La evaluación cuantitativa se llevó a cabo mediante campañas de muestreo, haciendo uso de instrumentos portátiles de medida directa –destacando contadores de partículas, clasificadores de tamaño y bombas de muestreo personal- que permitieron cuantificar los niveles de NMMs durante las operaciones estudiadas.

² En el Reclamento CLP (European Commission, 2008) los indicadores de peligro son frases que, asignadas a una clase o categoría de peligro, describen la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosa. Las llamadas H (de Hazard, peligro) se agrupan en peligros físicos, peligros para la salud humana y peligros para el medio ambiente.

Finalmente, para el Objetivo 5, en vista de los resultados encontrados en las distintas fases de la investigación previamente realizadas y considerando el principio de precaución, se ha definido un Decálogo de Buenas Prácticas para la mejora de la gestión preventiva en la construcción frente a este nuevo riesgo emergente.

La descripción detallada de las distintas metodologías de investigación se recoge en el Capítulo 3 de esta memoria.

1.4.3. FASE III: ANÁLISIS DE DATOS

En la Fase III de la investigación se llevó a cabo el análisis de los datos de campo recabados según la metodología de obtención empleada: encuestas realizadas a los colectivos abordados en la investigación, revisión en detalle de la información contenida en las FDS disponibles de productos formulados con NMMs utilizados en obras de construcción y análisis en profundidad de los datos resultantes de las evaluaciones del riesgo cualitativa y cuantitativa realizadas en los casos de estudio seleccionados.

En los Capítulos 4, 5, 6 y 7 se incluye una descripción pormenorizadas del análisis de datos realizado en el marco de la investigación. A modo de resumen, a continuación se exponen las metodologías de análisis aplicadas:

- Análisis de respuestas en encuestas: las respuestas recopiladas fueron organizadas en una tabla de datos y estudiadas mediante técnicas de análisis estadístico, incluyendo la evaluación de relaciones entre variables mediante el test exacto de Fisher χ^2 y χ^2 -Pearson y el *odd ratio* como medida de asociación simétrica. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando IBM SPSS Statistics 21® (IBM 2013).
- En cuanto a la revisión de FDS: la información recabada en las secciones 2. *Identificación de los peligros*, 3. *Composición/Información sobre los componentes*, 7. *Manipulación y almacenamiento* y 8. *Controles de exposición/Protección personal*, se analizaron utilizando filtros avanzados de Microsoft Excel®, considerando criterios de presencia / ausencia de información sobre los NMMs presentes en la formulación y presencia / ausencia de indicaciones específicas relativas al uso de medidas preventivas adicionales derivadas de la presencia de NMMs.
- Los datos resultantes de los modelos seleccionados de análisis cualitativo (Control Banding Nanotool, Stoffenmanager Nanomodule 1.0, y Art Tool) para el análisis de la información recogida en la toma de datos de las campañas de medición, son tratados automáticamente por los algoritmos implementados en las aplicaciones software desarrolladas para operar con cada uno de dichos modelos.
- Con relación al procesamiento de los resultados procedentes de las mediciones cuantitativas, los datos obtenidos se analizaron mediante el Aerosol Instrument

Manager Software (TSI, inc), y Microsoft Excel ®, incluyendo el cálculo de valores máximos y mínimos de concentración, valores medios, y desviación típica. Las imágenes de microscopía se analizaron mediante el software del espectrómetro secuencial de Fluorescencia de Rayo X PHILIPS PW2400 utilizado, permitiendo obtener el valor medio de tamaño y perfil químico.

1.4.4. FASE IV: RESULTADOS

En el marco de la Fase IV se recogen los resultados de las distintas investigaciones que se recogen en esta Memoria de Tesis. Para ello se ha llevado a cabo la interpretación de los resultados del estudio de campo de cada una de las investigaciones realizadas.

1.4.5. FASE V: CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Por último, en esta Fase se definen las Conclusiones del estudio realizado en base a los resultados obtenidos. Además, se detallan las líneas de investigación que quedan abiertas tras el estudio realizado, que son de especial relevancia para abordar la evaluación y control de los riesgos en el ciclo de vida de los NMs en el sector de la construcción.

1.5. ESTRUCTURA DE MEMORIA DE TESIS

La estructura del presente documento se ha definido con el objetivo de describir de una manera lógica las aplicaciones principales de la nanotecnología en el sector, el grado de conocimiento actual sobre sus riesgos, metodologías actuales de evaluación del riesgo y, por último, las medidas de control del riesgo aplicadas por los distintos actores que conforman la cadena de valor de la nanotecnología en el sector de la construcción. En concreto, se han incluido un total de 13 capítulos:

Capítulo 1. El primer capítulo, denominado *Visión general de la investigación*, recoge los antecedentes y justificación de la temática elegida, los objetivos del trabajo desarrollado, la metodología de investigación y, por último, la estructura elegida para presentar las distintas fases de investigación desarrollada y resultados alcanzados.

Capítulo 2. En el segundo capítulo se ha desarrollado el Estado de Conocimiento sobre los NMMs, prestando una especial atención al sector de la construcción. Se recogen los potenciales riesgos en el lugar de trabajo, considerando aspectos toxicológicos y potencial de exposición, metodologías de evaluación del riesgo aplicables y normativa vigente en materia de Seguridad y Salud con NMMs.

Capítulo 3. Este capítulo introduce la metodología seguida para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación, incluyendo la metodología de diseño y distribución de las encuestas realizadas, así como para la evaluación del riesgo aplicadas.

Capítulo 4. El cuarto capítulo recoge los resultados de la encuesta realizada para la identificación de las prácticas preventivas implementadas por el personal técnico de laboratorios y el de investigación. Se incluye un apartado de antecedentes a modo de introducción de la temática abordada en el capítulo y el análisis de los resultados del trabajo de campo. En dicho trabajo se han abordado distintos aspectos sobre Seguridad y Salud del personal investigado, incluyendo entre otros, buenas prácticas en el lugar de trabajo, medidas de control, equipos de protección individual y vigilancia de la salud.

Los resultados de este capítulo han sido publicados como artículo en una de las revistas de impacto especializadas en temas de Seguridad y Salud en el Trabajo, *Journal of Nanoparticle Research*;

Título: Nanosafety practices: results from a national survey at research facilities

Fecha de envío del artículo: 20 de diciembre de 2016

Fecha de aceptación del artículo: 21 de abril de 2017

Prueba disponible: on line: 6 de mayo de 2017

Información: DOI: 10.1007/s11051-017-3867-x

Cita: Díaz-Soler, B.M., López-Alonso, M. & Martínez-Aires, M.D. J Nanopart Res (2017) 19: 169

Índice de Impacto en el momento de su publicación: 2,020 en la JCR® Category de MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY (Q2).

Capítulo 5. Este capítulo recoge la evaluación del conocimiento de los CSSs sobre NMMs. De forma similar al Capítulo 4, se incluye una primera parte de contextualización y, posteriormente, los resultados del trabajo de campo.

Los resultados incluidos en este capítulo fueron enviados a la revista *Journal of Cleaner Production* bajo el título *Potential risks posed by the use of nano-enabled construction products: a vision from Coordinators for safety and health matters*, quedando pendiente su aceptación por parte de la revista en la fecha de depósito de la presente Memoria de Tesis.

Capítulo 6. El sexto capítulo titulado como *Evaluación cualitativa del riesgo de productos aditivados con NMMs en construcción*, se incluye el análisis de resultados del estudio de las FDS de nanoprodutos que pueden aplicarse durante la ejecución de obras de construcción.

Capítulo 7. El séptimo capítulo titulado como *Estudio de caso: análisis de la exposición a NMMs*, recoge el análisis de resultados relativos al potencial de exposición en actividades relevantes en laboratorios de investigación y obras de construcción. En concreto, se presentan los valores de exposición estimados mediante modelos matemáticos empleados habitualmente como herramientas de evaluación cualitativa, así como el análisis de los resultados procedentes de las campañas de evaluación de los niveles de NMMs presentes en el área de trabajo durante operaciones habituales en laboratorios y obras de construcción.

Capítulo 8. Este capítulo muestra los principales resultados alcanzados en la investigación, incluyendo las prácticas preventivas implementadas en laboratorios de investigación, el conocimiento actual de los CSS sobre NMMs y los resultados de las evaluaciones del riesgo realizadas.

Capítulo 9. Se ha titulado como *Decálogo de Buenas Prácticas* e incluye una serie de recomendaciones para el uso seguro de NMMs y/o productos que incorporan NMMs en el sector de la construcción.

Los resultados de este capítulo junto con el Capítulo 2, fueron reconocidos con el Premio en la categoría de Investigación, en la XVII Edición De Los Premios Europeos de la Arquitectura Técnica a la Seguridad en la Construcción.

Capítulo 10. En este capítulo se incluyen las Conclusiones a las que se ha llegado tras la realización de la investigación que se presenta en esta Memoria, proponiéndose además líneas futuras de investigación que quedan abiertas para poder continuar investigando.

Capítulo 11. Este capítulo recoge las publicaciones y premios que se han conseguido durante las distintas fases de la investigación que presentadas.

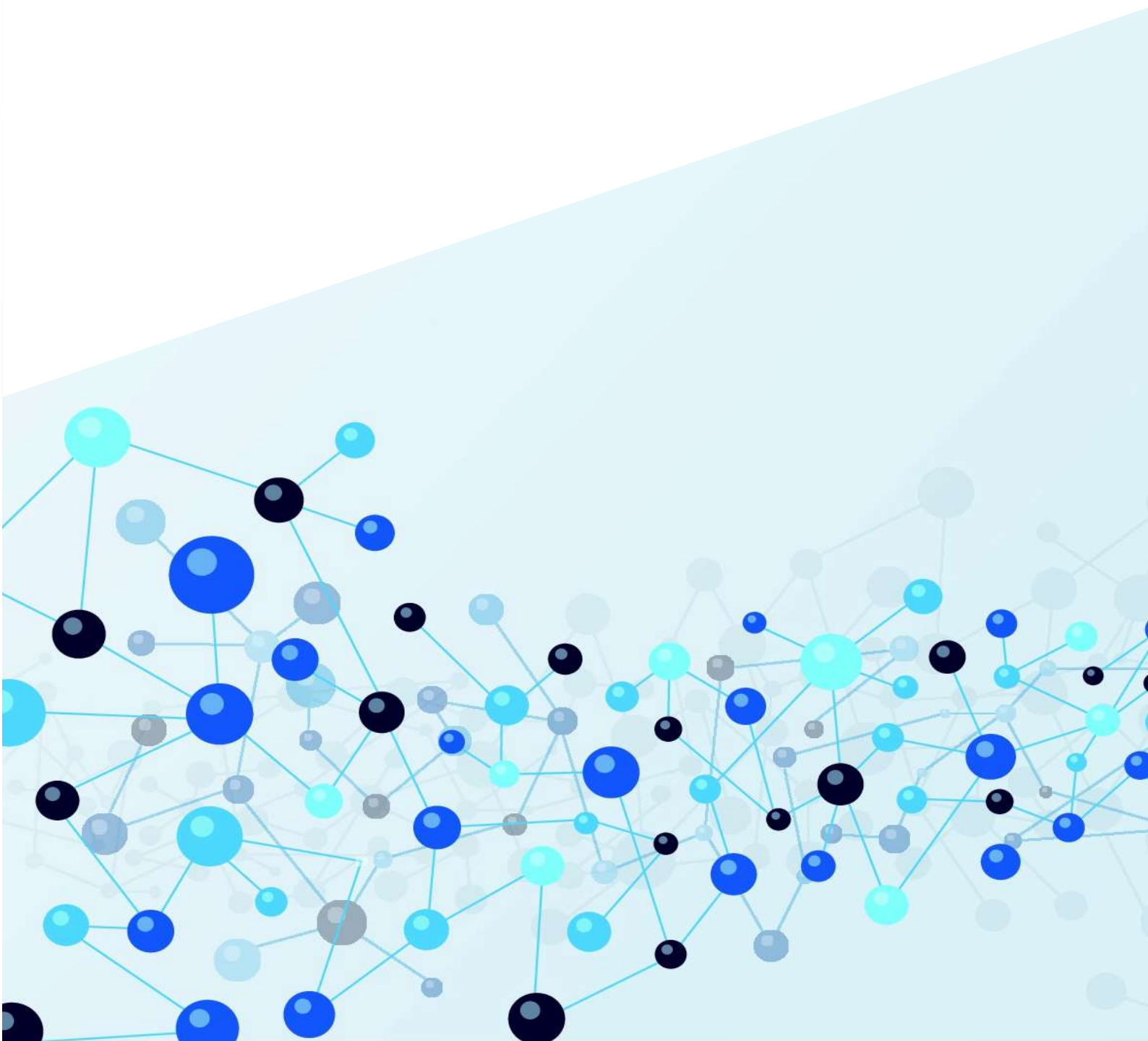
La Memoria finaliza con el listado de referencias bibliográficas sobre las que se apoya la investigación (Capítulo 12), seguido del Capítulo 13 dedicado a los Anexos, donde se recopilan los documentos relevantes relativos a las metodologías y resultados presentados en la Memoria de Tesis; incluyendo las preguntas de las encuestas realizadas, las fichas de entrada de datos de las herramientas utilizadas para la evaluación cualitativa del riesgo y las fichas técnicas y de datos de seguridad de los productos usados en los casos de estudio.

Los capítulos definidos anteriormente recogen por tanto las tareas realizadas para alcanzar los objetivos propuestos. Entre todos los aspectos descritos en la presente Memoria, destacamos:

- Los resultados de las encuestas realizadas a trabajadores en universidades, organizaciones públicas de investigación y centros de investigación cooperativa , así como CSSs en obras de construcción con objeto de mostrar el grado actual de ambos colectivos sobre la nanotecnología, los potenciales riesgos para la salud de los NMMs y nanoproduetos, conociendo las medidas y metodologías de gestión y control del riesgo aplicadas.
- El análisis en profundidad de los NMMs y nanoproduetos con mayor presencia en el sector de la construcción, aspecto clave para conocer los tipos específicos de NMMs a los que pueden estar expuestos los trabajadores del sector de la construcción, así como la forma en la éstos se aplican, clave en la definición de potencial de exposición considerando el diverso abanico de aplicaciones de los NMMs y nanoproduetos en el sector, abarcando desde la mezcla de pequeñas cantidades de NMMs en laboratorios de desarrollo de producto, hasta la aplicación de pinturas y/o recubrimientos formuladas con NMMs.
- Nuevos datos sobre el potencial de exposición a NMMs en laboratorios de investigación de nuevos materiales y obras de construcción, en dos casos de estudio representativo del sector, donde se demuestra la probabilidad de exposición.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL CONOCIMIENTO



2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1. NANOMATERIALES Y SUS USOS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1.1. Definición

De forma coloquial, los NMs se definen como materiales que contienen partículas con una o más dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre 1 y 100 nm. De forma oficial, se utiliza la definición adoptada en el año 2011 por parte de la Comisión Europea (European Commission, 2011), entendiéndose como NM un material natural, accidental o fabricado que contenga partículas, sueltas o formando un agregado o aglomerado, y en el que el 50 % o más de las partículas en la granulometría numérica presente una o más de las dimensiones externas en el intervalo de tamaños comprendido entre un nanómetro y 100 nanómetros.

En casos específicos y cuando se justifique por preocupaciones de medio ambiente, salud, seguridad o competitividad, el umbral de la granulometría numérica del 50 % puede sustituirse por un umbral comprendido entre el 1 % y el 50 %. No obstante, los fullerenos, los copos de grafeno y los nanotubos de carbono de pared simple con una o más dimensiones externas inferiores a 1 nm también deben considerarse NMs (European Commission, 2011).

Por otro lado, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), en su documento de especificación técnica ISO/TS 27687, modificado por el estándar ISO/TS 80004-2:2015, establece la terminología y las definiciones para nano-objetos, nanopartículas, nanofibras y nanoplatos, con el objeto de crear un estándar unitario. Adicionalmente, países de la Unión Europea como Francia o Suiza han incorporado instrumentos regulatorios y decretos en torno a definiciones de NMs.

En el marco del presente trabajo se utilizará el término NM manufacturado, abreviado como NMMS, y que hace referencia a los NMs producidos de forma intencional y con unas propiedades determinadas, lo que correspondería con el término inglés *engineered nanomaterial* (ENMs).

2.1.2. Tipologías de NMs

Atendiendo a la definición de NM de la UE (European Commission, 2011) se pueden establecer 3 grupos:

1. **Nano-polvos y polvos nanoestructurado:** el polvo es definido por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) como el conjunto o agrupación de

partículas individuales normalmente menores que 1 mm (International Organization for Standardization (ISO), 2011). Por tanto, en este grupo se incluyen el polvo de nanopartículas, nanofibras o nanoplacas.

Por otro lado, el polvo *nanoestructurado*, es aquel polvo que contiene aglomerados o agregados nanoestructurados u otras partículas de material nanoestructurado (International Organization for Standardization (ISO), 1999). Como los aglomerados, o agregados nanoestructurados, y otras partículas de material nanoestructurado son la agrupación de nano-objetos individuales, en esta definición se considera que quedan incluidos en la definición de la UE.

2. **Nano-suspensión:** nano-objetos sólidos dispersos en líquido. Un término que se utiliza comúnmente es el de *coloide*, pero hay que tener en cuenta que el límite superior de las partículas varía según las definiciones.
3. **Nanoaerosol (sólido):** nano-objetos sólidos dispersos en gas, moviéndose libremente.

Sin embargo, si se examina la definición de la ISO y otras varias, se puede hacer un compendio sobre los tipos de clasificación que completan e incluyen a los grupos de la definición de la UE:

- **Nano-cápsulas:** partículas con una estructura interna fabricadas a escala nanométrica.
- **Nanocompuestos:** consiste en al menos en un material dos con fases diferentes en el que una al menos tiene características a nanoescala. Por ejemplo, un material de matriz polimérica con una fase de refuerzo de nanotubos de carbón.
- **Nano-emulsión:** nano-objetos líquidos suspendidos en otro líquido
- **Nanoporosos:** materiales sólidos que contienen una fracción pequeña de poros a nanoescala. Si ya tienen mucha fracción de poros se consideran nanoespumas sólidas: son burbujas de gas a nanoescala en un sólido.
- **Nanoespumas líquidas:** son burbujas de gas a nanoescala en un líquido.

En definitiva, los NMMs pueden presentarse en suspensión, en estado sólido y con libertad de movimiento, en estado sólido y fijados o embebidos en matriz sólida o superficie (Gerritzen et al., 2006).

Atendiendo a la naturaleza y estructura química encontramos, entre otros:

- **Fullereno (C₆₀):** como indica (Serena, 2010), los fullerenos son estructuras formadas por átomos de carbono. Pueden presentar más de un millar de estructuras con formulaciones distintas –como, por ejemplo, el C₆₀ y C₇₀. La molécula C₆₀ es la más

popular, tiene 12 caras pentagonales y 20 hexagonales, por lo que su estructura recuerda a un balón de fútbol. Estas moléculas forman una red cristalina con una estructura cúbica en las caras, en la que cada molécula está separada de la más cercana por un 1nm y se mantienen unidas por las fuerzas de Van Der Waals. El nombre de fullereno, aunque inicialmente buckminsterfullerene, es debido al parecido de estas estructuras a las cúpula geodésicas del arquitecto e inventor R. Buckminster Fuller (Poole and Owens, 2007).

- **Nanotubos de carbono (CNTs):** los nanotubos de carbón son tubos que consisten en uno o más hojas concéntricas de átomos de carbono organizados de la misma manera de los átomos de carbono del grafito ordinario.

Existen una gran variedad de nanotubos de carbono con propiedades diferentes dependiendo del diámetro y la *quiralidad* del tubo. La quiralidad se refiere a cómo se enrollan los tubos respecto a la dirección del eje T en el plano del grafito (Poole and Owens, 2007). Por ejemplo, los nanotubos pueden mostrar carácter metálico o semiconductor según su geometría (Serena, 2010).

- **Nanopartículas de plata (nano-Ag):** estas nanopartículas de plata pueden ser sintetizadas por métodos físicos y químicos. En los métodos químicos están basados en la reducción de la plata con solventes y con la presencia de surfactantes para evitar la aglomeración (Park et al., 2007, Cushing et al., 2004). Dependiendo de éstos, las reacciones modifican el tamaño, la forma y la morfología de las partículas (Sun and Xia, 2002, Sun et al., 2002, Pastoriza-Santos and Liz-Marzan, 2002).
- **Nanopartículas Férricas:** hay varios tipos de nanoformas de óxidos férricos, los más comunes son: la nanoforma hematita (Fe_2O_3) y la nanoforma maghemita (Fe_3O_4).
- **Negro de Carbón (CB):** el negro de carbón es un polvo negro consistente en carbón amorfo, que se fabrica con una combustión de hidrocarburos incompleta y controlada. Existen diferentes tamaños que van desde 1 nm hasta 100 nm, que suponen 95% de la producción global. También se pueden presentar con tamaños de hasta 500 nm (European Commission, 2012).
- **Dióxido de Titanio (nano- TiO_2):** el polvo de dióxido de titanio existe tanto en tamaño a granel como en nanoforma, así como con distintas modificaciones cristalinas, incluyendo el Rutilo y Anatasa, siendo esta última nanoforma más reactiva que la de granel (European Commission, 2012).
- **Óxido de Cerio (CeO_2):** El óxido de cerio es un óxido de tierras raras (European Commission, 2012).

- **Sílice Amorfo Sintético (Dióxido de Silicio, SiO₂):** Hay varios tipos de formas de sílice amorfo sintético, como la sílice precipitado, el gel de sílice, la sílice coloidal y la sílice pirogénica (humo de sílice) (Theodore and Kunz, 2005).
- **Dendrímeros:** Es una estructura molecular en forma de árbol similar a los polímeros. Se caracteriza por tener gran superficie específica (European Commission, 2012).
- **Óxido de Aluminio (Al₂O₃):** Tiene aspecto de polvo blanco y existe diferentes formas: la cristalina y la dura de óxido de aluminio que aparece abundantemente en la naturaleza conocida como corindón (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), 1994).

Además, el documento de trabajo relativo a los tipos y usos de NMMs que acompaña a la segunda revisión de los aspectos regulatorios de la nanotecnología (European Commission, 2012), identifica otros NMMs importantes como: óxido de zinc (ZnO), hidróxido de aluminio (Al(OH)₃) y oxo-hidróxidos de aluminio (AlO(OH)), dióxido de zirconio (ZrO₂) carbonato cálcico (CaCO₃) nanopartículas de oro (Au) y el grafeno, material importancia por sus extraordinarias aplicaciones.

Otros NMMs que también son tenidos en cuenta, pero con menor repercusión, son: sulfato de bario, titanato de estroncio, carbonato de estroncio, óxido de indio y estaño, platino, aleación de platino y paladio, nanopulvos de cobre, nanopartículas de níquel, cobalto, manganeso, molibdeno, tungsteno, lantano, litio, nitruro de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de titanio, carbonitruro de titanio, carburo de tungsteno, sulfuro de tungsteno y el titanato de bario -este último presente en la relación de los NMs más usados según la encuesta de (Jacquet, 2012). Por último, hay que destacar las nanopartículas orgánicas, que son citadas en la encuesta realizada por (Schmid y Riediker, 2008).

2.1.3. Aplicaciones en el sector de la construcción

La aplicación de la nanotecnología, como tecnología facilitadora esencial, aprovecha los beneficios de las propiedades de los materiales en la nanoescala para el desarrollo de productos de alto valor añadido (European Commission, 2013).

El uso de NMMs crece continuamente debido a los beneficios de los NMMs en la nanoescala en aplicaciones tales como materiales de envase, electrónica, pinturas, tintas de impresión, materiales de construcción o productos para el cuidado de la salud, dando lugar a una amplia gama de nuevas aplicaciones industriales (Vance et al., 2015).

En el sector de la construcción, esta gama de productos también representa el grueso de los productos aditivados con NMMs existentes, tal y como recogen los inventarios de nanoproductos que recopilan los distintos productos disponibles en el mercado (eLCOSH

Nano, 2014, Nanotechnology Products Database (NPD), 2017). Las principales aplicaciones de los NMMs a escala global las encontramos en los recubrimientos, pinturas y pigmentos (Keller et al., 2013), además de una enorme diversidad materiales como cerámica, metales, madera, o piedra.

En relación con los tipos de NMMs utilizados en el sector de la construcción, destacan principalmente el dióxido de titanio, la sílice amorfa, el óxido de zinc y la plata (Hincapie et al., 2015). Además de los anteriores, las nanopartículas poliméricas y el aluminio (Van Broekhuizen y Van Broekhuizen, 2009) y los nanotubos de carbono (Jones et al., 2016, West et al., 2016) son también ampliamente utilizados.

Otra de las aplicaciones importantes en el sector la encontramos en productos con actividad fotocatalítica, con capacidad para la autolimpieza de superficies y la reducción de la contaminación del aire o la actividad antimicrobiana (Pacheco-Torgal and Jalali, 2011). Un ejemplo claro lo encontramos en el hormigón fotocatalítico aditivado con nano-dióxido de titanio, con propiedades antibacterianas, autolimpiantes y autocontaminantes que, al mismo tiempo, alargan su vida útil ayudando a mantener su apariencia. Esta tecnología se aplicó por primera vez en la iglesia Dives In Misericordia de Richar Meier & Partners en Roma (1996- 2003), donde el mortero se mezcló con un cemento formulado con el principio Tx Active, que en solo 3 minutos de exposición al sol reduce los contaminantes en hasta 75 % (Italcementi Group, 2014).

Por otro lado, otras aplicaciones importantes giran en torno a la mejora de la durabilidad de los materiales, como por ejemplo: en el caso del hormigón (Hernandez-Moreno and Solache de la Torre, 2017); el vidrio con gel de nanosilica en el interior ofrece también muy buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico al tiempo que evita las sombras molestas y el deslumbramiento; los aceros nanoestructurados logran ganar hasta cinco veces más resistencia que las soluciones tradicionales (MMFX Steel Corporation of America, 2014).

En pinturas existe una gran variedad, destacando las anti-graffiti; recubrimientos resistentes al agua y al aceite que evitan que otras pinturas se peguen y facilitan la limpieza posterior.

Y, finalmente, los NMMs permiten el desarrollo de "materiales inteligentes", como materiales de construcción que contienen nanosensores y materiales de autorreparación de nanopartículas.

En la Tabla 1 se muestra una lista no exhaustiva de los principales utilizados en el sector de la construcción, propiedades destacables y tipos de NMMs incluidos en la formulación y/o matriz del producto.

Tabla 1. Nanoproductos y NMMs aplicados en el sector de la construcción

Productos	NMMs	Propiedades	Ejemplos
Cemento	CNTs	Durabilidad, resistencia al agrietamiento, conductividad eléctrica	EdenCrete (Eden Innovations)
	SiO ₂	Refuerzo de resistencia mecánica Reducción de la corrosión Reducción de la permeabilidad al agua	Agilia, Ductal, Chronolia (Lafarge) Evolution, Microtech, Promptis (Cemex) Emaco nanocrete (BASF)
	Fe ₂ O ₃	Incremento de la fuerza de compresión, resistencia a la abrasión. Anticorrosión	Desarrollo en proyectos de investigación
	TiO ₂	Durabilidad, autolimpieza, actividad fotocatalítica en exteriores (en investigación para interiores y bajo luz artificial), rápida hidratación, incremento del grado de hidratación	NOxer (Eurovia) TioCem (Hanson) Ti Active (Italcementi)
	Grafeno	Aumento de impermeabilidad, flexión y plasticidad Conductividad eléctrica	Talga Concrete
Pinturas	Plata (Ag)	Actividad biocida	Ag Bionika Bioni Roof
	TiO ₂	Resistencia, actividad fotocatalítica, actividad biocida, autolimpieza, mantiene la transparencia, hidrofóbico.	KNOxOUT™ (Boysen®) Ambiente Sano (Granphenstone)
	SiO ₂	Mejora la adhesión, durabilidad. Resistencia al rayado y fácil limpieza Anti-graffiti	NanoSil (Alvan Paint Co) Sylitol® (Caparol) ThermoSan (Caparol)
	CNTs	Conductividad	GTT-5 H6 Paint (Shanghai huzheng nanotechnology Co.,Ltd)
	Grafeno	Durabilidad, resistencia, actividad fotocatalítica, actividad biocida	Radiant Slabs (Graphenestone) Anti-corrosion Alkyd Paint (NanoArisa Pooshesh)
Adhesivos y sellantes	Grafeno	Mejora de propiedades mecánicas y adherencia	Bio-Ecologic Glue (Graphenstone)
Recubrimientos de metales	TiO ₂	Antimicrobiana Eliminación de huellas Anticorrosión	TA2203 Metal Surfaces (Nanodico Technologie GmbH) Nanotech Metal Coating (Nanotech Coatings)
Recubrimientos de vidrio	TiO ₂	Anti-bacterias Protección UV Purificación gases	Magic IQ Coat (NanoMagic) General Nano TiO ₂ Sol Coating Agent (TiPE® C) (Titan PE Technologies)
Recubrimientos de madera	SiO ₂	Resistencia al rayado.	Nanowood (nanoprotect)
	Al ₂ O ₃	Mejora la elasticidad Antirayado	Varathane® Premium (Rust-Oleum corp.)
	TiO ₂	Protección de la madera frente a la radiación UV	Intelpaint 110 (Smart Nanopaints) Nanotech floor coating (Nanotech Coating)
Recubrimientos de hormigón ,	TiO ₂	Actividad fotocatalítica Reducción de gases de efecto invernadero Autolimpieza	FN coating (FN Nanoinc) KNOxOut (Boysen) P and T 230 (nanoprotect)

Productos	NMMs	Propiedades	Ejemplos
cemento o ladrillo	NanoAg	Antimicrobiano	NPS 100,200 (nanoprotect) Bioni roof, Bioni hygienic Bioni nature
	SiO ₂	Actividad fotocatalítica Anti-corrosión	Nanoset densifier (newLook) Nanosilica densifier (adseal) Nanoclean cleaner (adseal)
	Grafeno	Aislamiento térmico. Antibacteriano	Kratzputz (Graphenstone)
Pavimento	TiO ₂	Actividad fotocatalítica Reducción de gases de efecto invernadero	Water-resistant sealant (Graphenstone)

Fuentes: (Jones et al., 2016; INSST, 2015; Statnano (Acceso en Octubre 2018))

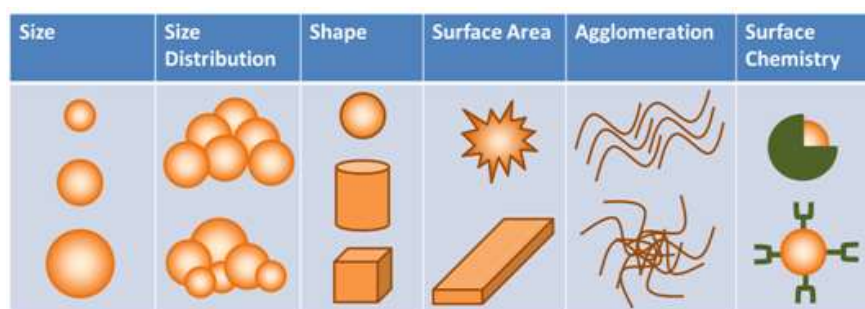
2.2. RIESGOS DE LOS NMS EN EL LUGAR DE TRABAJO

2.2.1. Aspectos toxicológicos

1. Actividad Biológica

Los NMMs muestran propiedades fisicoquímicas, tales como tamaño, forma, área superficial, estado de agregación o carga peculiares (ver Figura 2), distintas a las de los mismos materiales en la escala macro. Dichas propiedades influyen, principalmente, en su interacción con las células diana, pudiendo causar efectos adversos como inflamación y muerte celular (Palomaki et al., 2011). Estos efectos son mediados por el estrés oxidativo en la mayoría de los casos (Khanna et al., 2015).

Figura 2. Propiedades peculiares y específicas de los NMs



Fuente: GAO-14-181SP: Publicado: 31/01/ 2014. (GAO, 2014)

Los estudios de Pietroiusti, Campagnolo, y Fadeel demuestran como el **tamaño** determina que los NMMs no solo sean químicamente más reactivos, sino que también sean capaces de tener una entrada más fácil en las células, ejerciendo su acción de daño potencial en sitios excluidos para las partículas de mayor tamaño (Pietroiusti et al., 2013).

Otra propiedad de gran importancia en la toxicidad de los NMMs podemos encontrarla en la **forma** que, entre otros, influye en los procesos de envoltura de la membrana celular durante la endocitosis o fagocitosis (Verma y Stellacci, 2010). A este respecto, los NMMs con forma esférica parecen ser menos tóxicos que aquellos con formas de varilla o fibra, dado que su captura y degradación mediada por mecanismos de endocitosis resulta más sencilla (Lee et al., 2007). Además, cabe mencionar que los NMMs no esféricos son más propensos a propagarse a través de los capilares, causando efectos adversos en localizaciones de organismos distantes de los puntos de entrada (Kim et al., 2012).

La **carga superficial** de los NMMs es también de especial importancia. El estudio de la influencia de la carga superficial sobre la toxicidad resulta complicada debido a la rápida formación de la biocorona alrededor de los NMMs tan pronto como estos entran en contacto con medios biológicos, alterando las propiedades de la superficie de las partículas y su tamaño (Monopoli et al., 2012).

A este respecto, un estudio reciente apunta a la carga superficial de los NMMs como responsable de posibles alteraciones en la integridad de la barrera hematoencefálica (Gatoo et al., 2014). Del mismo modo, otros autores han demostrado que los NMMs con carga superficial catiónica interactúan con las membranas celulares y los materiales genéticos más fácilmente que los NMMs con carga aniónica o neutra, aspecto que aumenta el potencial toxicológico del material (Navya y Daima, 2016).

Los altos valores de **área superficial** de los NMMs son también de gran importancia, dado que permiten que una amplia proporción de átomos esté expuesta en la superficie en lugar de hacia el interior del material. Esta característica origina un incremento en la existencia de grupos reactivos en la superficie de la partícula y, de ahí, una mayor interacción con el medio y sistemas que le rodeen. Todo ello hace que aumente el potencial de daño.

Además de las propiedades anteriores, cabe destacar la especial importancia de la **solubilidad**, que ejerce una gran influencia en la persistencia y durabilidad de los NMMs en los organismos y las matrices ambientales. Un valor elevado de solubilidad, junto con un alto valor de área superficial, provoca una rápida disolución, lo que permite reducir el nivel de riesgo en los organismos. No obstante, en el caso que los NMMs sean adsorbidos, el riesgo por acumulación se acentúa. En este sentido, aquellos NMMs con una solubilidad muy baja, agudizan la persistencia en los sistemas biológicos y puede provocar efectos a largo plazo de tipo carcinogénico, mutagénico o teratogénico. La solubilidad además es de vital importancia en aquellas partículas susceptibles de formar iones al ser disueltas, como es el caso de metales y óxidos metálicos, ya que la toxicidad que estos presentan está relacionada con la liberación de estos iones.

Cabe mencionar las recientes reflexiones sobre los estudios toxicológicos disponibles en materia de toxicología realizados por la el área de biomedicina de la Universidad de Roma Tor Vergata (Pietrojusti et al., 2018), donde se destaca que los estudios actuales están en su mayoría basados en investigaciones experimentales llevadas a cabo con NMMs de referencia en modelos animales o en cultivos celulares *in vitro* en condiciones controladas. Este aspecto hace que en dichos estudios no estén representados los tipos específicos de NMMs a los que el trabajador se encuentra expuesto -por ejemplo, la formación de aglomerados y/o agregados de diversos tamaños-, cuyos efectos sobre las células podrían ser distintos a los provocados por NMMs ensayados en laboratorio.

En virtud de lo expuesto anteriormente, los resultados de más de 10 años de investigación de nanoseguridad han demostrado que una evaluación de riesgo integral de los NMMs debe incluir una comprensión profunda de propiedades tales como tamaño, forma, composición química, estructura cristalina, relación de aspecto y química superficial; todas ellos con un impacto relevante en la toxicidad (riesgos) de los materiales y el potencial de exposición.

2. Impactos en la salud humana

Los factores que influyen en la toxicidad de las nanopartículas dependen de factores ligados a la exposición, del propio organismo y de las características del NMMs (Ricaud y Witschger, 2012). A continuación, se describen dichos factores:

Los factores ligados a la exposición:

- Las vías de entrada.
- Duración de la exposición.
- Frecuencia de la exposición.

Los factores ligados al propio organismo:

- Susceptibilidad individual.
- Realización de actividad física en el lugar de trabajo.
- Lugares de depósito de los NMs.
- La evolución y la translocación de los NMs una vez que han penetrado en el organismo.

Los **factores ligados a los NMMs** (Ostiguy et al., 2009), incluyen:

- Número de partículas.
- Concentración.
- Propiedades de superficie.

- Reactividad.
- Presencia de metales/potencial Redox.
- Potencial para generar radicales libres.
- Porosidad.
- Biopersistencia.
- Hidrosolubilidad.
- Depósito pulmonar.
- Fuentes y procesos de los materiales usados.
- Composición química.
- Solubilidad.
- Tamaño y distribución granulométrica.
- Superficie (cobertura y área).
- Forma (fibra, filamento, irregular, compacta o esférica)
- Estructura cristalina
- Grado de aglomeración/ agregación.

Otras investigaciones han corroborado la importancia de dichos factores. Por ejemplo:

1. Composición química: este es uno de los parámetros que obviamente determina las propiedades toxicológicas. Cuanto más tóxico sea el material a tamaño convencional más tóxico será también a tamaño nanométrico (Gálvez y Tanarro, 2010). Además, la toxicidad se ve afectada por la presencia de otros compuestos químicos; por ejemplo, los nanotubos de carbono de pared simple que tienen más de un 20 % en peso de hierro, inducen una inflamación pulmonar mayor que si están purificados (International Organization for Standardization (ISO), 2008).
2. Solubilidad: algunas nanopartículas se disuelven más rápido que otras en los fluidos biológicos. Al disolverse pierden la estructura de nanopartícula y por tanto las propiedades toxicológicas específicas de estas (Gálvez y Tanarro, 2010).
3. Tamaño y distribución granulométrica: en general, cuanto más pequeña es la nanopartícula más aumenta el área por unidad de superficie y el número de átomos en ella por lo que aumenta también la reactividad. Igualmente, cuanto más reactiva es una sustancia más tóxica es (Gálvez y Tanarro, 2010).
4. Superficie (cobertura y área): cuanto mayor superficie específica de una partícula mayor reactividad (Gálvez y Tanarro, 2010).
5. Forma (fibra, filamento, irregular, compacta o esférica): en términos generales, la toxicidad es mayor en nanopartículas en forma tubular, seguidas de formas irregulares, y es menor para la nanopartícula esférica (considerando iguales el

resto de parámetros toxicológicos) (Gálvez y Tanarro, 2010). Por ejemplo, la citotoxicidad en nanotubos de carbono de pared simple es mayor que los de pared múltiple, siendo en estos último mayor respecto de los fullerenos C₆₀ (International Organization for Standardization (ISO), 2008).

6. Estructura cristalina: la cristalinidad para los compuestos orgánicos (como la sílice) puede contribuir a modular las propiedades toxicológicas (Gálvez y Tanarro, 2010).
7. Grado de aglomeración/ agregación: las nanopartículas tienen tendencia a aglomerarse o a agregarse, de hecho, no suelen encontrarse solas (Oberdörster, Oberdörster et al., 2005). Esto influye en la toxicidad ya que, por ejemplo, un agregado de nanopartículas se depositará en una u otras zonas del tracto respiratorio dependiendo de su estado de agregación o aglomeración que le hace tener un diámetro aerodinámico determinado (Gálvez and Tanarro, 2010).

La evidencia actual de los estudios *in vivo* e *in vitro* apunta al hecho de que los NMs podrían dañar la salud humana ((Kermanizadeh et al., 2015);(Soni et al., 2015). Por ejemplo, el dióxido de titanio en su forma nanométrica (nanoTiO₂) genera daño oxidativo en el ADN y, finalmente, la apoptosis de la célula (Shukla et al., 2013).

En otro ejemplo, aunque los nanotubos de carbono (CNTs) causan daños reversibles en los testículos sin afectar la fertilidad (Bai et al., 2010), también se ha encontrado que estos nanotubos producen mesoteliomas que dañan el epitelio pulmonar de manera similar al asbesto (Takagi et al., 2008). No obstante, en otro estudio se pudieron solucionar las perturbaciones causadas por los nanotubos de carbono en el sistema inmune (Gao et al., 2011).

Pese a estas evidencias, no es posible concluir en términos epidemiológicos que la exposición a NMMs tenga un efecto directo en la salud de los trabajadores (Bergamaschi et al., 2015); (Liou et al., 2015). Sin embargo, pese a la falta de evidencias epidemiológicas, los datos actuales muestran como los NMMs provocan efectos adversos en animales de experimentación, resultado directo o indirecto de alteraciones en biomoléculas y células (Mu et al., 2014).

El establecimiento de relaciones causa-efecto entre la exposición y daño en la salud es por tanto todavía un campo de estudio pendiente, debido principalmente a la escasez estudios epidemiológicos. Esto se debe en gran medida por la reciente aplicación de la nanotecnología, con un número limitado de personas expuestas, así como a los tiempos de exposición relativamente cortos.

Hasta 2017 solamente se habían publicado nueve estudios epidemiológicos³ donde se consideraba la exposición a nanoplata, nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNT), TiO₂ y SiO₂. Los efectos detectados incluyen entre otros: aumento de marcadores de estrés oxidativo (Liao et al., 2014, Liu et al., 2012, Pelclova et al., 2015, Pelclova et al., 2017), marcadores de inflamación (Liu et al., 2012) y marcadores de daño pulmonar (Fatkhutdinova et al., 2016, Lee et al., 2015, Liao et al., 2014, Wu et al., 2014).

Por último, destacar que otro riesgo potencial que parece haber recibido poca atención hasta la fecha es el potencial de ignición y explosión del material particulado en el rango nanométrico. Como ejemplo, las partículas de aluminio en forma nanométrica tienen un mayor potencial de inflamación que sus correspondientes formas micrométricas (Vignes et al., 2012).

2.2.2. Exposición en el lugar de trabajo

2.2.2.1. Aspectos generales

La exposición a NMMs se da principalmente en dos escalas: la industria -que incluye la producción de NMMs y sus subsecuentes fases- y la escala a nivel investigación (Kaluza et al., 2008). Por su parte, (Ricaud y Witschger, 2012) diferencian dos tipos de exposición profesional a material nanométrico atendiendo a la intencionalidad de su presencia:

1.- La exposición relacionada con los procesos donde la finalidad no es la producción específica de NMMs. En este caso estaríamos haciendo referencia a las llamadas partículas ultrafinas. Son ejemplos de esta exposición los siguientes:

- Procesos de combustión: emisiones de los motores diésel, gas o gasolina, centrales de incineración, térmicas o de cremación, calefacción de gas, ahumado de productos alimentarios, etc.
- Procesos mecánicos: molienda y mecanizado de metales, lijado, perforación, pulido, etc.
- Procesos a alta temperatura: fundición y refinado de metales, galvanizado, soldadura, corte de metal-lanza térmica, corte de metal-láser, aplicación de resinas y barnizados, etc.

2.- La exposición relacionada con la producción y utilización de NMMs. Son ejemplo de esta exposición las siguientes:

³ Lee et al., 2012; Fatkhutdinova et al., 2016; Lee et al., 2015; Liao, Chung, Lai, Lin, Liou, 2014; Liou, Tsai, Pelclova, Schubauer-Berigan y Schulte, 2015; Pelclova et al., 2015, 2017; Wu et al., 2014; Liao et al. 2014b.

- Manejo de polvos con nanoestructura: transferencia, toma de muestras, pesado, incorporación en una matriz.
- Trabajo con líquido con NMMs en suspensión: transvase, agitación, secado (formación de gotas), etc.
- Carga o descarga de un reactor.
- Mecanizado de nanocompuestos: corte, pulido, taladrado, etc.
- Acondicionamiento, embalaje, almacenamiento y transporte de productos.
- Limpieza y mantenimiento de equipos y locales: desmontaje de un reactor, limpieza de glove-box, limpieza de filtros (sistemas de extracción de captura de nanopartículas).
- Recolección, embalaje, almacenamiento y transporte de residuos
- Accidentes.

Con relación a este último tipo de exposición (partiendo desde la etapa propia de producción de NMMs, hasta su eliminación o reciclaje), se han identificado las siguientes actividades:

- Fabricación propia de NMMs.
- Tareas de investigación y desarrollo de NMMs.
- Incorporación de NMMs y/o nanotecnologías en otros productos, materiales o procesos in situ.
- Empaquetado, transporte y/o almacenamiento.
- Gestión de prevención y/o calidad.
- Limpieza y mantenimiento de instalaciones donde se emplean nanotecnologías.
- Gestión de residuos.

2.2.2.2. Rutas de exposición

La vía inhalatoria es la principal vía de entrada de los NMMs en el organismo -como lo es en general para la gran mayoría de los agentes químicos-, siendo la más preocupante desde el punto de vista de salud laboral (INSST, 2015). La vía dérmica es también de interés, dado que las partículas a menor tamaño tienen mayor probabilidad de atravesar la piel (Hoet et al., 2004). Este aspecto es de especial relevancia en tareas en las que gran parte del cuerpo del trabajador puede estar en contacto con NMMs.

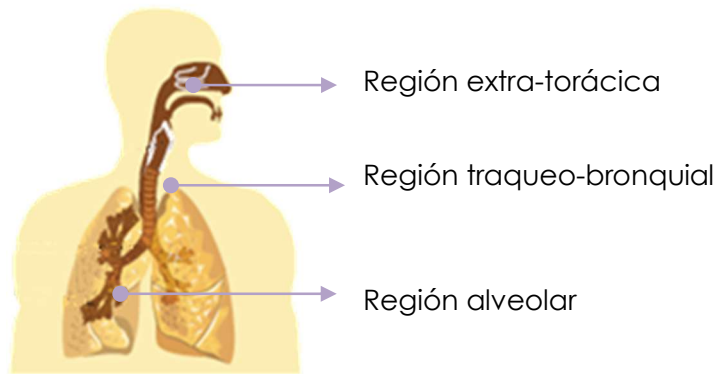
A continuación se describen con mayor detalle las rutas de entrada de los NMMs al cuerpo humano:

- **Vía Inhalatoria**

Los NMMs inhalados, dependiendo de su tamaño, forma y composición química, son capaces de penetrar y depositarse en los diferentes partes del árbol respiratorio: la región

extratorácica (boca, fosas nasales, la laringe y faringe), la región traqueo-bronquial, (de la tráquea a los bronquios) y la región alveolar que comprende (desde los bronquiolos a los alvéolos) (Rosell y Pujol, 2008). En la Figura 3 se localizan de forma orientativa las partes mencionadas del árbol respiratorio.

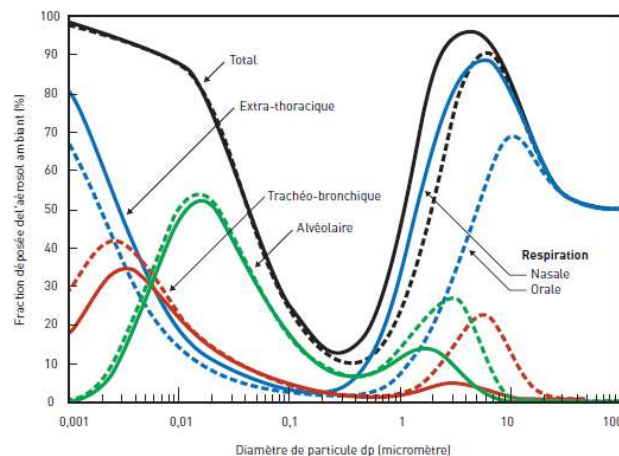
Figura 3. Partes del árbol respiratorio



Fuente: Basada en (Ricaud y Witschger, 2012)

En la Gráfica 1 se muestra cómo cambia la cantidad depositada en distintas partes del árbol respiratorio en función del diámetro de las partículas y del modo de respiración (nasal u oral). Las curvas corresponden a un sujeto de referencia respirando mayormente por la boca o la nariz, pasando un tercio del tiempo sentado y el resto realizando una actividad ligera.

Gráfica 1. Depósito total y por regiones de las nanopartículas en función del diámetro de las partículas calculado con modelo de la CIPR



Fuente: (CIPR - Commission Internationale pour la protection Radiobiologique, 1994)

Witschger y Fabriès (2005) analizan y obtienen las siguientes conclusiones respecto de la gráfica anterior:

- Las partículas de alrededor 0,3 μm aproximadamente son las que menos se depositan. Por debajo de 300 nm la deposición crece significativamente. Las partículas superiores a 10 nm se depositan mayormente en la región alveolar. Las inferiores a 10 nm se depositan principalmente en la región extratorácica y, en una menor medida, en la región traqueo bronquial.
- La región comprendida entre 10 nm y 200 nm en el modo de respiración (boca o nariz), apenas tiene repercusión.

La deposición de las partículas puede tener lugar como consecuencia de la sedimentación gravitatoria, la impactación inercial, la intercepción de las partículas con la superficie de contacto, por fenómenos de difusión relacionados con los movimientos aleatorios de las partículas muy finas y por la atracción electrostática debida a su carga (Rosell y Pujol, 2008). Además, la morfología del aparato respiratorio y las características fisiológicas de la persona -como el sexo, la edad y las enfermedades en el aparato respiratorio- también influyen en la cantidad de partículas absorbidas y depositadas (Witschger y Fabriès, 2005).

- **Vía Dérmica**

En relación con la absorción dérmica y la penetración de nanopartículas en la piel, existen pocos estudios, además tienen resultados contradictorios; por lo que es necesaria una mejor evaluación de esta vía de entrada. Probablemente estas discrepancias se deban a las técnicas y métodos empleados, las condiciones de laboratorio y a la ausencia de protocolos de evaluación estandarizados.

Dependiendo de las características fisicoquímicas del material, las vías de penetración a través de la piel pueden ser: intercelular, transcelular, a través de los folículos de pelo y a través de las glándulas sudoríparas (Scheuplein, 1967). Las partículas a menor tamaño tienen mayor probabilidad de atravesar la piel (Hoet et al., 2004). Además, la penetración directa a través de la piel ha estado descrita para partículas con un diámetro de 1000 nm (1 μm), por tanto es razonable pensar que las nanopartículas penetrarán con mayor facilidad (Rosell y Pujol, 2008).

Por último, hay que tener en cuenta que como consecuencia de lesiones inflamatorias o traumatismos, aumenta la probabilidad de la penetración por la piel de las nanopartículas. También se puede ver favorecida por el sudor, la irritación local o la flexión natural de la piel (Gálvez y Tanarro, 2010).

- **Vía Digestiva**

La vía oral se asocia fundamentalmente a la ingestión involuntaria de NMMs a través de la transferencia del material desde la superficie de la mano a la boca, pudiendo potencialmente cruzar la pared intestinal, ingresar al torrente sanguíneo y posteriormente llegar a otras partes del cuerpo (Baron, 2015). También pueden pasar a través de varias partes del tracto digestivo, boca, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso y, por último, serían excretadas (Datta, 2006).

Respecto de los efectos específicos para la salud relacionados con la ingestión de nanopartículas, tanto debido a malas prácticas higiénicas durante el manejo de NMMs como por la deglución de las retenidas en las vías altas de sistema respiratorio, podría manifestarse efectos locales de las nanopartículas en cualquier sitio del recorrido del sistema digestivo y excretor (Rosell y Pujol, 2008, Datta, 2006).

- **Potencial de exposición**

En relación al potencial de exposición, el conocimiento actual sobre los niveles exposición humana a NMMs en todas las etapas del ciclo de vida es todavía limitada (Clark et al., 2012). Tal como se ha comentado, la mayor parte de los datos disponibles se corresponden con instalaciones de producción a pequeña escala -donde se llevan a cabo el desarrollo, la síntesis y el uso de NMMs nuevo o existentes-, y que han evidenciado una falta de conocimiento sobre el potencial de exposición y los riesgos laborales.

Por otro lado, la monitorización de la exposición en actividades de laboratorio puede ser particularmente difícil, considerando que el tipo de actividades y el proceso realizado por los investigadores pueden cambiar en base a las nuevas necesidades de investigación (Groso et al., 2010). A ello se une que el abanico de actividades que se llevan a cabo en el ámbito de la investigación es muy amplio; se incluye tareas tales como la síntesis y manipulación de NMMs en polvo o en suspensión o la manipulación de materiales nanocompuestos en cantidades que van desde unos pocos miligramos hasta 500 mg (Groso et al., 2010). No obstante, independientemente de las cantidades de NMM manipulados y dada la incertidumbre sobre los peligros y la exposición, la gestión de la prevención en los laboratorios es un asunto clave (NIH, 2014).

Se debe destacar que, a pesar de el gran número de este tipo de centros, los estudios sobre su seguridad laboral son poco comunes. En 2016, Ding et al. realizó una revisión de la exposición de los trabajadores durante los procesos de producción y manipulación de NMMs; encontrando que el 25% de las publicaciones investigaban las actividades de laboratorio, el 63% lo hacían sobre procesos industriales y el 12% restante estudiaban ambos (Ding et al., 2016).

Un estudio reciente realizado en instalaciones de investigación demostró que algunas de las operaciones habituales pueden liberar NMMs en la zona de respiración de los trabajadores (Imhof et al., 2015). Este estudio muestra concentraciones que varían en un rango de 2.000 a 100.000 partículas/cm³ para actividades que conllevan la manipulación de NMMs, como su pesaje en polvo, centrifugación o liofilización. Cabe señalar una menor exposición en el caso de actividades relacionadas con aplicaciones de NMMs dispersos en líquidos. No obstante, la centrifugación y liofilización de soluciones que contienen nanopartículas dio lugar a altos niveles de partículas con picos de hasta 300.000 partículas / cm³.

En línea con el estudio anterior, se han encontrado concentraciones de partículas todavía más altas -alcanzan hasta 106.000 partículas/cm³- en laboratorios universitarios que producen nanopartículas mediante pirólisis por pulverización de llama (Demou et al., 2009). En este estudio, la concentración del número de partículas en el campo cercano y campo lejano mostró un claro patrón temporal, con un incremento de la concentración de partículas elevadas después del período de producción. En los casos investigados, se demostró que las concentraciones máximas de partículas medidas estaban en los rangos de tamaño bajo (<200 nm) e incluso en el rango de nanopartículas, dependiendo de las condiciones de producción. Los estudios de Francisco Silva y colaboradores (Silva et al., 2015) demuestran también la liberación de NMMs durante el procesos de síntesis de nanoTiO₂ mediante sol-gel, alcanzándose una concentración media y máxima de 25.400 y 132.000 partículas /cm³.

En relación a la exposición en procesos fuera del ámbito académico y de investigación, las actividades en materia de evaluación de la exposición se centran en su mayor parte en la caracterización de la exposición potencial a partículas en el rango nanométrico en procesos de síntesis y manipulación. Sin embargo, los esfuerzos dedicados al estudio del potencial de exposición durante la manipulación y/o procesado de productos nanoestructurados, como los revestimientos o cementos, han sido limitados (Fito-Lopez et al., 2016). Ello ha generado una falta de conocimiento sobre los niveles de NMMs durante actividades comunes en entornos industriales, donde el uso de materiales nanoestructurados es la actividad más común.

Los principales aspectos que limitan el conocimiento sobre el potencial de exposición provienen de la gran diversidad de NMMs en el mercado -con diferentes modificadores de superficie, morfología de partículas y distribución del tamaño de partículas- que afectan a su comportamiento en el aire, así como de la falta de consenso sobre la metodología para detectar y cuantificar estos materiales en entornos complejos (Bouwmeester et al., 2011)

Además de lo anterior, existe todavía hoy un debate sobre el tipo de métrica a utilizar para respaldar los estudios de evaluación de riesgos (Jimenez-Sanchez and van-Tongeren, 2017), así como de métodos para diferenciar los NMMs de otros NMMs presentes en el entorno (relacionados con procesos o que ocurren naturalmente).

2.2.3. Exposición en el sector de la construcción

Las investigaciones sobre el potencial de exposición a NMMs durante el uso y/o producción de productos nanoestructurados o nanoproducidos son todavía limitadas (Clark et al., 2012) (Brouwer et al., 2016), incluyendo operaciones y actividades vinculadas a la aplicación de NMMs en el sector de la construcción (Jones et al., 2017). Además, la existencia de datos robustos y validados es muy limitado, sobre todo en actividades que conllevan el uso de productos aditivados con NMMs o durante el tratamiento de fin de vida de residuos -especialmente en los países productores con menor producto interior bruto (Basinas et al., 2018).

Los niveles de exposición se encuentran estrechamente relacionados con la forma en que se usan los NMMs, esperándose un mayor potencial de exposición para los materiales manipulados en forma de polvo (Gibson et al., 2012). Del mismo modo, las operaciones de mecanizado de productos nanoestructurados que implican la generación de polvo o la realización de tareas que implican un desgaste del producto, aumentan el potencial de liberación de NMMs (Baron, 2015). A este respecto, en el caso de operaciones mecánicas con materiales nanocompuestos, las evaluaciones cuantitativas actuales realizadas para medir la liberación de NMMs indican un bajo porcentaje de emisión de nanopartículas libres y un gran número de partículas correspondientes a las fracciones inhalable (10 - 4 μm de diámetro) y respirable (<4 μm de diámetro); compuestas principalmente por matrices libres de NMMs y material particulado formado por NMMs parcial o totalmente embebidos en la matriz del producto manipulado (Froggett et al., 2014)

Cabe señalar que en operaciones donde no están inicialmente presentes NMMs y/o nanoproducidos -como es el caso de las operaciones de demolición de hormigón ordinario-, también es posible una liberación potencial de partículas en el rango nanométrico, comúnmente llamadas partículas ultrafinas (UFP ≤ 100 nm) (Azarmi et al., 2015).

A pesar del hecho de existir operaciones donde puede anticiparse una posible liberación de NMMs en el sector de la construcción, la información disponible sobre los niveles de exposición a NMMs en operaciones representativas es todavía escasa. Se pueden destacar operaciones como la aplicación de pinturas en aerosol, el corte, lijado, taladrado y/o mecanizado de materiales (Vaquero et al., 2015).

Algunos estudios disponibles aportan información sobre la exposición en tareas específicas que implican el uso de productos de construcción aditivados con NMMS ((Van Broekhuizen, 2011); (West et al., 2016), (Vaquero et al., 2015), observándose datos dispares. No obstante, las mediciones reportadas hasta la fecha en la literatura científica sugieren que el nivel de exposición es relativamente bajo en la práctica (Jones et al., 2016).

El proyecto europeo Scaffold, financiado dentro de séptimo programa marco de investigación científica, aporta información procedente de diversas campañas de evaluación de la exposición llevadas a cabo en varios escenarios de la vida real. Se incluyen la aplicación de un recubrimiento "coating" de TiO_2 y el mecanizado de un cemento aditivado con nanoSiO_2 , observándose que los trabajadores no estaban sobreexuestos a partículas en la nanoescala en ninguno de los escenarios analizados (Larraza et al., 2015). Otros estudios realizados por Van Broekhuizen et al. 2011, revelaron concentraciones promedio en términos de nanopartículas/ cm^3 de hasta 123.931 y 88.688 durante la mezcla de un mortero a base de SiO_2 y la perforación del mortero curado mediante un taladro, respectivamente. El mismo estudio señaló la generación de grandes picos de hasta 641,074 nanopartículas/ cm^3 durante la manipulación manual de un saco de 25 kg de mortero.

Siguiendo la línea del estudio anterior, Azarmi et al. (2015) investigaron la liberación de material particulado durante varias actividades de restauración, donde las concentraciones más altas en el rango nanométrico fueron 4.860, 740, 650 y 500 veces superiores al valor de fondo durante el corte, perforación, cementación y actividades generales de demolición, respectivamente, confirmándose que las actividades estudiadas tienen el potencial de liberar nanopartículas a niveles superiores al fondo.

Otros autores también informaron de niveles de nanopartículas por encima de las concentraciones de fondo durante la aplicación por pulverización sellador de madera basado en nano-ZnO comercialmente disponible y el posterior lijado mecánico (Cooper et al., 2017).

Desafortunadamente, los datos presentados anteriormente no se pueden comparar directamente debido al uso de diferentes metodologías de muestreo, tecnologías de medición y diferencias en las operaciones analizadas. De hecho, pese a la reciente aparición de guías metodológicas y recomendaciones, no existen todavía métodos de muestreo y tecnologías para monitorizar el potencial de exposición profesional aceptadas de forma universal por la comunidad científica (Debia et al., 2016).

En vista de los datos presentados anteriormente, siguen existiendo importantes incertidumbres con respecto al riesgo de exposición en el sector de la construcción; en particular en las operaciones que se llevan a cabo en la propia obra de construcción, donde la enorme variabilidad de NMMs empleados y los cortos (pero altos) picos de exposición observados en las investigaciones actuales, denotan la necesidad de seguir investigando.

2.3. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS LABORALES

2.3.1. Introducción

Las metodologías actuales para llevar a cabo la evaluación de la exposición en el lugar de trabajo se basan en un enfoque escalonado, partiendo desde un análisis cualitativo hasta la combinación de sistemas de muestreo e instrumentos de lectura directa en tiempo de alta precisión.

En el contexto de la evaluación de la exposición a NMMs, el principal problema de las metodologías de muestreo es su complejidad, además de no resultar siempre representativas ya que las condiciones del muestreo varían constantemente. Otros problemas a considerar es que las mediciones suponen un coste económico añadido y que los NMMs no cuenta con valores límite regulados, por lo que no se tienen referencias armonizadas con las que comparar (Mihalache et al., 2017).

No obstante, la evaluación de la exposición es un aspecto clave en el proceso de evaluación de riesgos. Tal como se ha comentado en el capítulo anterior, los trabajadores pueden estar expuestos a los NMMs a través de tres rutas principales: inhalación, dérmica y oral. El riesgo potencial más común se encuentra en los NMMs liberados en el lugar de trabajo (Asbach, 2015), pudiendo ser inhalados por los trabajadores, depositarse en las vías respiratorias superiores y posteriormente introducirse en el organismo a través de los alveolos pulmonares.

2.3.2. Métodos cualitativos de evaluación de riesgos

Los métodos cualitativos o métodos simplificados de evaluación no están concebidos como una alternativa a la evaluación cuantitativa de la exposición a agentes químicos, sino como una herramienta adicional para el proceso de evaluación (INSST, 2015). Habitualmente, la evaluación cualitativa se basa en el uso de información disponible de las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de las sustancias y/o productos, así como

otra información contextual para determinar la exposición (medidas de control aplicadas, cantidades utilizadas o forma de uso).

En los últimos años se han desarrollado metodologías cualitativas de evaluación del riesgo por exposición que permiten obtener una estimación inicial del riesgo y, en determinadas situaciones, permiten identificar situaciones preocupantes.

En el caso específico de los NMMs, se ha invertido una cantidad significativa de recursos y esfuerzos científicos en el desarrollo y evaluación de métodos cualitativos. Dichos métodos en su mayoría son modelos matemáticos desarrollados como herramientas destinadas a ayudar al profesional en la toma de decisiones sobre la evaluación y prevención de los riesgos por exposición a NMMs. Existen diversos tipos de modelos, desde los modelos clásicos de "Control Banding" (que utilizan un número limitado de factores para evaluar el riesgo), hasta modelos matemáticos complejos (basados en ecuaciones matemáticas que representan los procesos de transporte y transformación de los NMMs, desde las fuentes de emisión en la zona de trabajo hasta las vías aéreas o piel del trabajador). Entre los modelos clásicos, destaca el Control Banding Nanotool (Zalk et al., 2009), basado en el potencial de severidad, determinado en función de parámetros toxicológicos y la probabilidad de exposición. El resultado de la evaluación en este caso puede dar lugar a 4 niveles de riesgo e indica las medidas necesarias a poner en marcha en cada caso, incluyendo: RL1: Ventilación general; RL2 Ventilación por extracción localizada o campanas de humos; RL3: Confinamiento; RL4: Buscar asesoramiento externo. Esta metodología ha sido aplicada por ejemplo con éxito en escenarios de uso de nano-TiO₂ durante la fabricación de baldosas con actividad fotocatalítica (Silva et al., 2016)

Otros modelos como el Advanced REACH Tool o Stoffenmanager®, ambos basados en complejas ecuaciones de transferencia de masas, permiten obtener una estimación numérica del nivel de exposición, sin embargo su uso resulta complejo, y las ecuaciones de cálculo deben revisarse para su uso en la evaluación de la exposición a NMMs (Fadeel et al., 2018).

En la Tabla 2 se recoge información sobre los métodos cualitativos actuales, diseñados algunos como herramientas de apoyo en la evaluación del potencial de exposición de NMMs.

Tabla 2. Métodos cualitativos actuales de apoyo para la evaluación del potencial de exposición de NMMs.

Modelo	Escenario/Producto	Descripción	Referencia
NanoSafer 1.0 / 1.1	Exposición por inhalación durante procesos específicos de fabricación y manipulación de NMMs	Cálculos basados en subrutinas para estimar la tasa potencial de liberación y dispersión del polvo y sus concentraciones potenciales en la fuente de emisión (NF) y área de trabajo (FF). La tasa de emisión (Ei) se calcula utilizando información sobre el poder de emisión de polvo "pulverulencia" (Eo), ajustados para la energía de actividad (hi) y el flujo de masa aplicado (dM / dt), o una tasa de liberación constante (Ei). Los algoritmos aplicados para la evaluación final de riesgos son cuantitativos, pero se expresan en forma de bandas de riesgo.	(Kristensen HV, Hansen SV, Holm GR, 2010)
Stoffenmanager Nanomodule 1.0	Exposición por inhalación durante procesos específicos de fabricación y manipulación de NMMs	<p>La herramienta prioriza cualitativamente los posibles riesgos para la salud al combinar las propiedades fisicoquímicas disponibles y la información de peligro con un estimado de exposición por inhalación.</p> <p>El resultado principal es una priorización de riesgos basada en la exposición durante un evento analizado. Se proporcionan recomendaciones sobre qué tipos de medidas podrían tomarse para controlar los riesgos potenciales.</p> <p>Los parámetros de entrada son: potencial de emisión de sustancia (fracción de peso del material de interés, polvo, contenido de humedad, porcentaje de dilución y viscosidad), potencial de emisión de actividad (tipo de manejo), control localizado, dispersión (tipo de ventilación y volumen del área de trabajo) , factor de contaminación de la superficie (limpieza e inspección), cerramiento personal, PPE, frecuencia de manejo, duración del manejo.</p>	(Van Duuren-Stuurman et al., 2012)

Modelo	Escenario/Producto	Descripción	Referencia
NF/FF	Exposición por inhalación durante procesos específicos de fabricación y manipulación de NMMs	Los parámetros críticos en el modelo NF / FF son: tamaño del volumen del área cercana (1 m) a la fuente de emisión, conocida como Near Field (NF), el intercambio de aire entre los volúmenes NF y campo lejano (FF), y potencia de la fuente de emisión (es decir, tas de emisión de partículas emitidas desde el proceso al volumen NF).	(Cherrie, 1999) (Zhang et al., 2009)
ECETOC TRA	Exposición por inhalación durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	<p>La exposición por inhalación se calcula como la concentración en aire ambiente (mg/m³) durante un día, como resultado de uno o más eventos de la aplicación del producto / artículo o como la dosis de exposición por inhalación (cantidad por kg de peso corporal).</p> <p>También se pueden realizar estimaciones a partir de los datos de medición existentes para una serie de procesos "PROC" llevados a cabo por trabajadores.</p> <p>El algoritmo para la estimación de la exposición dérmica utiliza parámetros tales como: dosis dérmica (mg/kg/día), ingrediente del producto (g/g), área de contacto (cm²), frecuencia de uso (eventos/día), espesor de la capa (cm), y densidad (g/cm³). No tiene en cuenta ningún factor de duración y supone el 100% de transferencia de la sustancia de la capa de contacto del producto o artículo a la piel de forma instantánea.</p>	(ECETOC, 2014) (ECHA, 2012)

Continuación Tabla 2.

Modelo	Escenario/Producto	Descripción	Referencia
Advanced REACH Too (Art Tool)	Exposición por inhalación durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	Los algoritmos estiman la contribución de las fuentes NF y FF. La exposición de una fuente de campo cercano (Cnf) es una función multiplicativa del potencial de emisión de sustancia (E), el potencial de emisión de actividad (H), el control localizado (primario) (LC1), el control localizado secundario (LC2) y el potencial de dispersión (D).	(Tielemans et al., 2011) (ECHA, 2012)
DREAM	Exposición por inhalación durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	DREAM consta de dos partes, un inventario y un módulo de evaluación. El inventario tiene un cuestionario de opción múltiple que el usuario completa mientras observa al trabajador. En la parte de evaluación, los niveles de exposición dérmica potenciales y reales se estiman en unidades DREAM. La estimación del nivel potencial de exposición dérmica se basa en el producto de "probabilidad" e "intensidad" de cada ruta de exposición y se corrige para 33 determinantes en el nivel de tarea. El modelo DREAM es "genérico", es decir, que no tiene en cuenta ninguna de las propiedades de las sustancias.	(van-Wendel-de-Joode et al., 2003)
RISKOFDERM	Exposición por vía dérmica durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	RISKOFDERM agrupa las actividades en seis unidades diferentes de Operación de Exposición Dérmica (DEO) basadas en datos medidos y la estimación básica es la exposición potencial por minuto (para las manos y / o el resto del cuerpo). Para cada DEO se deben completar diferentes parámetros para calcular la exposición dérmica.	(Warren et al., 2006)

Continuación Tabla 2.

Modelo	Escenario/Producto	Descripción	Referencia
dART	Exposición por vía dérmica durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	<p>dART es una extensión de ART Tool, con todos los determinantes de ART relacionados con la estimación de la emisión de aire que se aplica para predecir la deposición potencial sobre la piel, la ropa y las superficies.</p> <p>La exposición potencial total a la sustancia en la piel es una suma de la deposición, la emisión directa y la transferencia, que también incluye la fracción de peso, la retención en la piel o la ropa y la protección ofrecida por los equipos de protección personal.</p>	
iEAT	Exposición por vía oral durante procesos de fabricación y manipulación de sustancias y mezclas.	<p>El IEAT proporciona estimaciones de la exposición en las manos y el área perioral, esta última de interés como un sustituto de la exposición por ingestión involuntaria. IEAT fue desarrollado por Gorman et al (2013) y está disponible gratuitamente. La exposición en la región perioral se estima como la suma de transferencias de manos, guantes y objetos al área perioral. La carga manual y la carga de guantes se estiman en función de la transferencia desde superficies contaminadas. El modelo incluye opciones para carga de superficie y para emisión directa, el modelo asume el nivel más alto de carga de superficie. La contaminación de las manos por deposición no está incluida.</p>	(Ng et al., 2013)

Continuación Tabla 2.

2.3.1. Métodos cuantitativos de evaluación de riesgos

Tal y como se procede de forma general en Higiene Industrial para controlar la exposición de los trabajadores a agentes contaminantes, se compara las medidas de las concentraciones de contaminantes en la zona de respiración del trabajador con un Valor Límite Ambiental (VLA). Sin embargo, para el caso concreto de la exposición a NMMs, esta evaluación de la exposición se complica ya que es necesario que:

- Exista un índice para definir adecuadamente la exposición.
- Se conozcan niveles a los que los NMMs tienen efectos para la salud.
- La medida que se obtenga de este índice sea representativa de lo que está respirando el trabajador.
- Se disponga de métodos analíticos capaces de medir ese índice de exposición (Tanarro, 2010).

Respecto del índice de exposición, la concentración en masa por unidad de volumen es el parámetro clásico para medir la exposición a aerosoles. Sin embargo, no es el más adecuado para los NMMs, porque no tiene en cuenta otros parámetros que son determinantes en la toxicidad en las partículas cuando se vuelven más pequeñas (Maynard and Kuempel, 2005, Oberdörster et al., 2005a).

En los últimos años, el número de partículas y el área superficial de los NMMs, se han planteado como los parámetros adecuados para establecer la medición y el seguimiento de los NMMs en el aire de zonas de respiración de los trabajadores. Varios investigadores han aportado pruebas de que el área superficial puede ser, en esencia, la medida más adecuada para asociar la dosis con efectos resultantes significativos (Oberdörster et al., 2005b, Lindberg et al., 2009).

Es imprescindible para poder evaluar la exposición, obtener una medida representativa de lo que realmente está respirando el trabajador (Tanarro, 2010) y poder compararlo con unos valores límites. Pero para ello es necesario, comprender la relación entre los parámetros de los NMMs -cantidad, número, área superficial, concentración másica, la distribución de tamaños, forma, composición y reactividad química- y sus efectos toxicológicos, algo para lo que de momento existe un consenso a nivel internacional (Savolainen et al., 2010). Tanarro (2010) en la misma línea argumenta que en España, no existen límites de exposición publicados porque, entre otras razones, son difíciles de establecer debido a que no se conocen los niveles para los cuales las nanopartículas tienen efectos sobre la salud. Tampoco hay límites o recomendaciones específicas para el monitoreo biológico de NMMs (National Institute for Occupational

Safety and Health (NIOSH), 2009, Nasterlack et al., 2008, Schulte, Geraci, Zumwalde, Hoover and Kuempel, 2008).

Sin embargo, existen propuestas para valores límite de exposición; por ejemplo, la guía práctica de niveles desarrollada por British Standard Institution. En ella, partiendo de los valores límite conocidos para el material padre, se estima para los NMMs insolubles un 0,066 x VLA y para los solubles 0,5 x VLA, para los NMMs derivados de compuestos mutagénicos, carcinogénicos o que alteren la función reproductiva 0,1 x VLA y para los NMMs fibrosos 0,01 fibra/ml (British Standards Institution (BSI), 2007).

El Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) recomienda una exposición para dióxido de titanio, con un tamaño inferior a 100nm, de 3mg/m³ y para partículas mayores de 100 nm, 2,4 mg/m³ (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2011). En cuanto a los nanotubos, existen distintas propuestas: un límite de 0,05 mg/m³ para los nanotubos multipared tipo Baytubes® (Pauluhn, 2010), un límite de 0,0025 mg/m³ para los nanotubos multipared Nanocyl® (Nanocyl, 2009) y para los nanotubos de carbono de pared simple o múltiple (en general) un límite de 0,007 mg/m³ según NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2010). Todos estos valores son para jornadas de 8 horas.

Otras instituciones internacionales como el Instituto Alemán de Seguridad y Salud Laboral (IFA) o el Consejo Económico Social Holandés han planteado recientemente niveles de referencias recomendados. IFA propone los denominados *Recommended Benchmark Levels (RBL)*, no basados en criterios toxicológicos, sino en la experiencia de las mediciones y en los límites de detección de los métodos actuales de medida. Los valores propuestos por IFA constituyen la base de los "Nano Reference Values (NRV) definidos por el consejo holandés, entendidos como niveles de alerta que en caso de ser rebasados implican la adopción de medidas de control. Los valores propuestos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores límite de exposición recomendados propuestos por instituciones de referencia

Clase	Descripción	Densidad	NVR(8 hrTWA)	Ejemplos
1	Nanofibras rígidas, biopersistentes para las que no se excluyen efectos similares a los del amianto	-	0,01 fibras/cm ³	SWCNT o MWCNT o fibras de óxidos metálicos para las que no se excluyen efectos similares al amianto
2	NMM granular biopersistente, en el rango de 1 y 100 nm	>6.000 kg/m ³	20.000 partículas/cm ³	Ag, Au, CeO ₂ , CoO, Fe, Fe _x O _y , La, Pb, Sb ₂ O ₅ , SnO ₂
3	NMMs granulares y fibras biopersistentes, en el rango de 1 y 100 nm	<6.000 kg m ³	40.000 partículas/cm ³	Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , SnO ₂ , TiO ₂ , ZnO, negro de carbono nanoarcilla, C ₆₀ , dendrímeros, nanofibras de poliestireno
4	NMM granular no biopersistente, en el rango de 1 y 100 nm	-	Nivel de Exposición Profesional aplicables	Por ejemplo, grasas, NaCl.

En relación los instrumentos de medición, no existe una regulación vinculante a nivel mundial que defina cómo y con qué instrumentos debe llevarse a cabo la medición de exposición a NMMs. Los primeros intentos de evaluación de la exposición de NMMs, sus agregados y/o aglomerados se basaban únicamente en mediciones estacionaria⁴, mientras que los desarrollos recientes permiten llevar a cabo nuestros en la zona de respiración de trabajador (Asbach et al., 2017, Azong-Wara et al., 2013).

Diversas publicaciones recientes realizadas por la ECHA y el Joint Research Centre – JRC de la Comisión Europea (ECHA, 2016b, LINSINGER Thomas et al., 2012) presentan un análisis resumido de los métodos de medición aplicables, incluyendo sus fortalezas y aplicación para diversas tareas con NMMs. Del mismo modo, diversos trabajos de investigación también dan información sobre la calidad de los datos, comparabilidad y reproducibilidad de las diferentes métodos de medida (Asbach et al., 2012, Kaminski et al., 2013, Zimmerman et al., 2014)

En la Tabla 4. se muestra una lista de los principales principios y equipos medida disponibles.

⁴ Medidas estacionarias: medidas de agentes químicos basadas en instrumentación fija, con un punto fijo de toma de muestras que se considera representativo de la exposición del trabajador asumiendo una mezcla homogénea del agente químicos en el área de trabajo.

Tabla 4. Principales principios y equipos medida

Principio de medida	Equipos de medida	Rango de tamaño	Métricas
Movilidad Eléctrica	SMPS- Scanning mobility particle sizer DMPS – Differential mobility particle sizer FMPS - Fast mobility particle sizer	1 - 1000 nm	Concentración (partículas/cm ³) Distribución de tamaños
Impactador en cascada	ELPI - Electrical low-pressure impactor	1 nm – 10 µm	Concentración (partículas/cm ³) Distribución de tamaños
Difusión de cargas	NSAM - Nano surface aerosol monitor nanoCheck NanoTracer DISCmini	20 – 400 nm	Area Superfial depositada en el pulmón Concentración (partículas/cm ³)
Dispersión de luz	OPS/OPC - Optical particle sizer/counter	200 nm – 20 µm	Concentración (partículas/cm ³) Distribución de tamaños
Condensación	CPC-Condensation particle counter	1 – 1000 nm	Concentración (partículas/cm ³)

Fuente: (Kuhlbusch et al., 2018)

En la Figura 4 se muestran una imagen de los principales equipos de medida utilizados en el mercado.

Figura 4. Equipos de medida utilizados en la evaluación cuantitativa de la exposición



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta una descripción más detallada de equipos de medida más utilizados en campañas de evaluación de la exposición.

- **Scanning mobility particle sizer (SMPS)**

El SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) consta de un detector que suele ser un CPC (contador de partículas por condensación) o electrómetro y un clasificador electrostático que permite la separación por tamaño de partícula. En primer lugar, las partículas pasan a través de una fuente radiactiva después pasan por un campo electrostático que las separa en función de su diámetro, con lo que finalmente se obtiene una distribución por tamaño de partícula, además en ciertas circunstancias los datos se pueden interpretar en términos de área superficial del aerosol (Tanarro, 2013).

El rango de medida se extiende desde unos pocos nanómetros hasta la micra. El considerable tamaño y peso del instrumento, hace que su uso se limite al muestreo ambiental, Además, en algunos países europeos, la presencia de una fuente radioactiva restringe aún más su uso para aplicaciones de laboratorio (Heim et al., 2004).

- **Electrical low-pressure impactor (ELPI)**

El ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) es capaz de monitorear en tiempo real. Su peso restringe su uso al muestreo ambiental en un lugar fijo. Además, al igual que el impactador de cascada, se puede llevar a cabo un análisis más detallado de las partículas recogidas en cada etapa (Heim et al., 2004, Marjamaki et al., 2000).

Con el ELPI se obtiene una distribución por tamaño de partícula y concentración en el rango entre los 7 nm y las 10 micras. Las partículas muestreadas se cargan mediante un cargador de corona y pasan al impactador donde las partículas se separan por diámetro aerodinámico en cada etapa del impactador. Finalmente, se pueden obtener la distribución en número por tamaño medio de partícula y si se conoce la carga y densidad de las partículas. También se puede calcular la concentración másica de aerosol (Tanarro, 2013).

- **Condensation particle counter (CPC) o condensation nuclei counter (CNC)**

Los CPCs proporcionan concentración en número, en tiempo real, dentro de sus límites de detección por tamaño de partícula. Sin un separador previo para nanopartículas, no son específicos del rango nanométrico. Algunos equipos comerciales tienen separadores por debajo de 1 μm (Tanarro, 2013). Esta detección de la concentración en número la realizan mediante detección óptica láser del aire muestreado mediante sin discriminar los tamaños de partículas (Heim et al., 2004, Marjamaki et al., 2000).

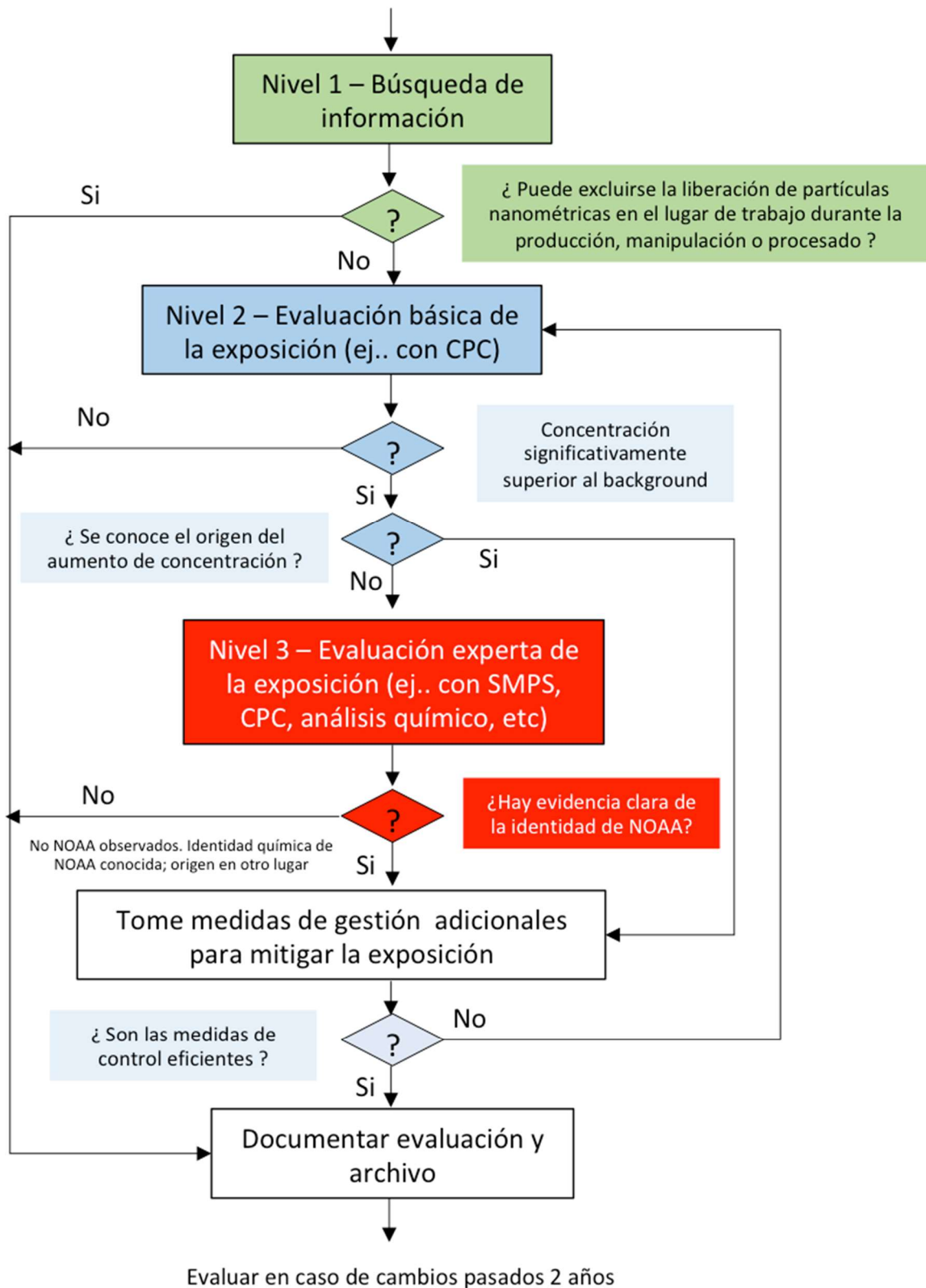
- **Nanoparticle surface aerosol monitor (NSAM)**

El peso del instrumento restringe su uso al muestreo estático medioambiental. Sin embargo, una versión de campo del NSAM (TSI 3550) ha sido comercializada recientemente (Shin et al., 2007, Fissan et al., 2007)

Los equipos de medida mencionados se complementan con técnicas indirectas, que además de permitir la caracterización física y química de las partículas, permiten la determinación de la concentración en masa de las partículas mediante el análisis químico de muestras recogidas en los lugares de trabajo (INSST, 2015). Las técnicas utilizadas para esta caracterización comprenden principalmente métodos de microscopía electrónica de alta resolución, incluyendo microscopía electrónica de transmisión (TEM, Transmission electron microscopy) o la de barrido (SEM, Scanning electron microscopy). La combinación de estas técnicas con la espectrometría de rayos X de energía dispersiva (EDX), permite determinar la composición elemental de los NMMs.

En cuanto a las metodologías de evaluación, el enfoque para medir y evaluar la exposición potencial a los NMM y sus aglomerados y agregados en los lugares de trabajo publicado por la OCDE en 2015, es el comúnmente aceptado. Este enfoque mostrado en la Figura 5, comprende tres pasos subsiguientes, "niveles", cuyo objetivo principal es abordar el problema de que muchos de los instrumentos utilizados para detectar y medir los NMM no son específicos –no pueden distinguir los NMM de las partículas ambientales de "nano tamaño" de fondo.

Figura 5. Metodología de medida recomendada por la OECD



Fuente: (Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2015)

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) de EE. UU. también ha estado investigando este tema durante más de una década. En 2016, esta entidad publicó una versión refinada de la Técnica de Evaluación de Emisiones de Nanopartículas (NEAT 1.0).

En octubre de 2017, la OECD publicó un nuevo informe sobre estrategias, técnicas y protocolos de muestreo para determinar la concentración de NMMs en el aire en el lugar de trabajo (Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2017). Se describe con mayor detalle el proceso de evaluación en tres niveles anteriormente publicado para realizar la evaluación de la exposición por inhalación. También se indica que otras vías de exposición, como la dérmica, también pueden ser importantes y deben evaluarse cuando sea posible. A continuación, se describen los pasos propuestos en los niveles de estudio definidos por la OECD:

- **Nivel 1.** Recopilación de información para determinar las posibles fuentes de liberación de NMM. Implica la recopilación de información sobre el tipo de proceso, los materiales utilizados y la forma en la que se presentan, las tareas realizadas (frecuencia y duración) y los métodos de control implementados, incluyendo ventilación, medidas de contención como cabinas o cajas de guantes, y equipos de protección individual.

- **Nivel 2.** Evaluación de la liberación de NMMs en el lugar de trabajo cuando los datos recopilados en el primer nivel no permiten excluir la posible emisión de NMMs. El objetivo de este nivel o etapa es detectar si hay un aumento significativo del número de partículas correspondientes a los NMM con respecto al número de partículas de fondo. Este análisis se puede realizar, por ejemplo, mediante contadores de partículas, como los CPC, que permiten evaluar la concentración del número de partículas en las fuentes de emisión o en la zona de respiración de los operadores del proceso.

- **Nivel 3.** Estudio detallado de los niveles de exposición para analizar si el aumento de los niveles de partículas en el rango del nanómetro detectados en la etapa anterior está relacionado con la emisión de los NMMs fabricados y/o utilizados en el lugar de trabajo. En este paso, se debe emplear equipamiento más preciso que los contadores de partículas tipo CPC. Este paso generalmente implica el uso de un SMPS para acceder a la distribución del tamaño de partícula, así como al muestreo mediante bomba personal y filtros (es decir, análisis de masa elemental y morfología de partículas) en la zona de respiración del trabajador.

Los resultados obtenidos en los dos últimos niveles se pueden comparar con los niveles de referencias recomendados y comentados anteriormente como apoyo a la toma de decisiones sobre los controles a implementar. La medición de la concentración del

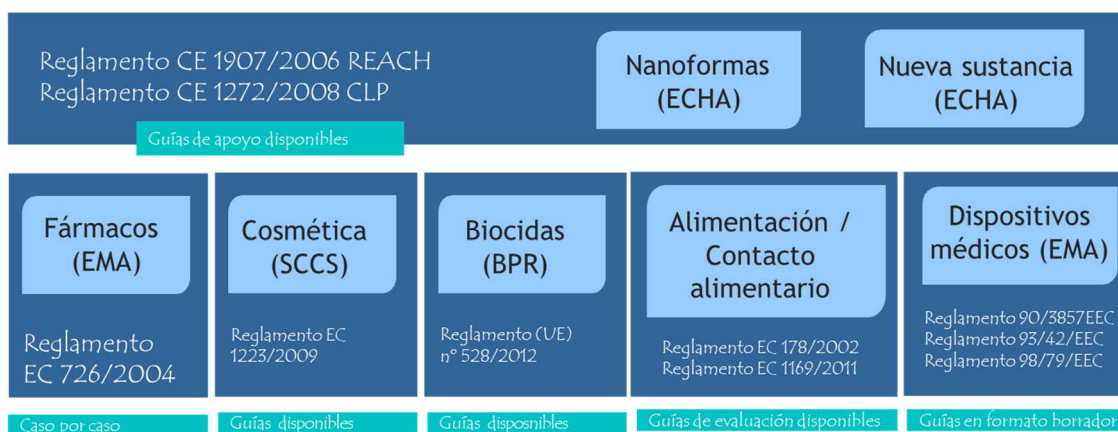
número de partículas de fondo es de vital importancia en la metodología descrita para respaldar la definición de un valor de referencia para decidir cuándo se requiere el control de la exposición humana. Este no es un límite de exposición laboral (VLA), sino que está pensado como un nivel de orientación pragmático.

2.4. ESTADO ACTUAL DE LA NORMATIVA

Existe una gran diversidad de reglamentos y directivas que pueden aplicarse a los usuarios de productos químicos en toda la Unión Europea (UE). Además, varios países miembros tienen sus propios requisitos para los productos químicos que tienen una aplicación de ámbito nacional. En este apartado, se describen brevemente estas legislaciones y se detalla cómo encajan dentro de ellas los NMMs.

En la legislación europea no hay un marco específico para los NMMs, excepto para regulaciones de sectores concretos que sí contienen especificaciones para ellos (cosmética, o materiales en contacto con alimentos). Actualmente, los reglamentos más utilizados en el uso de NMMs en el sector industrial son el REACH y el CLP, ambos desarrollados por la ECHA. La Figura 6 muestra los principales reglamentos de ámbito europeo donde se hace mención a los NMMs.

Figura 6. Principales reglamentos aplicables a los NMMs en Europa



Fuente: Elaboración propia

El principal marco regulador actual es el constituido por el reglamento 1907/2006 REACH⁵, cuyo objetivo es garantizar que todos los usos de productos químicos, que no

⁵ Reglamento (CE) n° 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) n° 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) n

están cubiertos por un reglamento específico, se realicen de forma segura dentro de la UE. El reglamento exige acciones por parte de las entidades a lo largo de la cadena de suministro de una sustancia. No solo cubre el uso de la sustancia pura, sino también las mezclas que contienen las sustancias y los artículos fabricados utilizando la sustancia.

Los NMMs se consideran generalmente como una forma de una sustancia, en lugar de una sustancia completamente diferente. Esto significa que el registro de una sustancia con partículas de tamaño nanométrico se realiza dentro del expediente de registro de la sustancia original, junto con las formas a granel de la sustancia. Las exenciones a esta regla general han sido los diferentes alótropos de carbono que tienen diferentes estructuras cristalinas y formas de partículas; por ejemplo, grafito diamante, nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT) y nanotubos de carbono de pared simple (SWCNT) cuentan todos ellos con un dossier de registro por separado.

Cabe mencionar, que debido a la aplicación del Reglamento 1907/2006 para el caso de las sustancias producidas en cantidades superiores a 1 tonelada por año, aspecto todavía poco habitual para el de muchos NMMs, hay todavía pocos expedientes de registro e informes de seguridad química disponible que contengan información contrastada sobre propiedades toxicológicas y niveles de exposición que garanticen un uso seguro de los NMMs en sus distintas formas a lo largo de la cadena de suministro. Se incluyen mezclas -por ejemplo, productos de construcción- y/o artículos, como por ejemplo los materiales poliméricos nanoestructurados (European Commission, 2006).

A continuación, se describen otras regulaciones de interés:

1. Productos cosméticos. Reglamento (CE) No. 1223/2009

La directiva de cosméticos exige que los ingredientes utilizados dentro de un cosmético sean totalmente seguros. La seguridad de los ingredientes utilizados se determina a nivel de la UE a través de una evaluación realizada por el Comité Científico sobre Seguridad del Consumidor. A partir de estas evaluaciones de seguridad, se crean listas positivas y negativas de sustancias que pueden o no pueden usarse en productos cosméticos. Es responsabilidad de quienes suministran productos cosméticos realizar evaluaciones de seguridad de los productos acabados. Las sustancias que desempeñan ciertas funciones dentro de cosmético, que se encuentran dentro del ámbito de aplicación de la definición de un NMM, deben evaluarse por separado respecto de otras

o 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión.

formas de la misma sustancia y el producto debe estar etiquetado para que muestre el ingrediente que existe en una nanoforma.

2. Materiales de contacto con alimentos. Reglamento (CE) no 1935/2004

Una serie de regulaciones cubren sustancias y materiales que están destinados a entrar en contacto con alimentos. Si una sustancia está aprobada para usarse dentro de un material en contacto con alimentos, se coloca en la Lista de sustancias autorizadas de la Unión. Si una sustancia en la Lista de la Unión también existe como un nanomaterial, no se considera que el NMM esté en la Lista de la Unión y debe evaluarse por separado. La evaluación de riesgos se centra en este caso en la salud humana.

3. Productos biocidas. Reglamento (UE) nº 528/2012- BPR

El BPR está destinado a cubrir todos los usos biocidas de una sustancia. Un biocida es una sustancia que mata, desactiva, hace inofensivo o evita la acción de un organismo dañino. El BPR se puede considerar como un reglamento de dos etapas, donde una sustancia biocida debe ser aprobada primero para su uso y, después, el producto comercializado que la contiene debe recibir autorización para su uso. Como parte de ambos procesos, se requieren las evaluaciones de peligro, exposición y riesgo para el uso de la sustancia activa y el producto. Si la sustancia activa biocida está dentro de la definición de un nanomaterial, debe recibir una aprobación separada de la sustancia para las formas masivas de la sustancia.

4. Dispositivos médicos y dispositivos de diagnóstico in vitro. Reglamento (UE) 2017/745 y Reglamento (UE) 2017/746

Las sustancias contenidas dentro de un dispositivo médico deben pasar por una evaluación de riesgo. La complejidad de la evaluación de riesgos depende de la probabilidad de liberación de la sustancia del dispositivo y del peligro de la sustancia. Si la sustancia existe como un nanomaterial, se necesita una evaluación de seguridad separada para la evaluación de seguridad de las formas a granel, a menos que el NMM esté enlazado en una matriz para que no pueda ser liberado.

5. Suministro de información alimentaria a los consumidores. Reglamento (UE) nº 1169/2011

El reglamento establece la información que se debe proporcionar a los consumidores a través del etiquetado, incluidos los ingredientes, la información de almacenamiento y la información nutricional. Un ingrediente que se fabrica intencionalmente como un NMM debe estar etiquetado claramente que indica que está presente en una nanoforma.

6. Obligaciones estatales individuales de la UE

Los principios básicos de la Unión Europea requieren que los estados miembros individuales no implementen regulaciones donde existe una regulación aplicable en toda la UE. Sin embargo, varios estados han implementado obligaciones de notificación sobre NMMs o productos que contienen NMMs.

- Francia (Ministerio de Ecología y Desarrollo Sostenible, Francia, 2012): Notificación de sustancias, mezclas o artículos con potencial de liberación producida a más de 100 g.

- Bélgica (Reino de Bélgica Servicio Público Federal de Salud, Seguridad de la Cadena Alimentaria y Medio Ambiente, 2014): Notificación de sustancias NMMs producidas en más de 100 g.

- Dinamarca (Agencia Danesa de Protección del Medio Ambiente, 2014):
 - Notificación de mezclas y artículos donde se espera su liberación.
 - Notificación de cualquier mezcla o artículo donde el NMM sea carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción.
 - Una serie de usos están exentos de obligaciones de notificación

- Noruega (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Ministerio de Justicia y Asuntos de Emergencia, Ministerio de Clima y Medio Ambiente, Noruega, 2015): las nanoformas deben reportarse por separado dentro del esquema de reporte químico.

- Suecia (Kemikalieinspektionen, 2017): similar a las obligaciones francesas.

- España: aunque no vinculantes, se han puesto a disposición dos Notas Técnicas de Prevención: la Nota 797: Riesgos asociados a la nanotecnología y la Nota 877: Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas (Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), 2013) y un documento titulado *Seguridad y Salud en el trabajo con Nanomateriales* (INSST, 2015) publicado documentos para sectores específicos, como Riesgos Derivados de la exposición a nanomateriales en el sector de la automoción (INSST, 2016)

7. Vigilancia de la salud

En relación con la Vigilancia de la salud de los trabajadores que estén expuestos a nanomateriales, en principio no sería de carácter obligatorio, ya que no existe normativa específica para ello que lo contemple como agentes que puedan desarrollar enfermedad profesional. El Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social

(Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2006), modificado recientemente por el (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2018), no incluye los nanomateriales dentro de la “lista complementaria de enfermedades cuyo origen profesional se sospecha y cuya inclusión en el cuadro de enfermedades profesionales podría contemplarse en el futuro”. No obstante, en esta lista aparece el término fibra sintética, el cual no queda definido por el legislador; podría entenderse como algún tipo de nanomaterial, pero no queda claramente especificado.

Pese a la existencia de lagunas sobre los riesgos sobre la salud, la información existente es suficiente para realizar protocolos de vigilancia de la salud a los trabajadores (Schulte, Geraci, Zumwalde, Hoover, Castranova et al., 2008). En España, aunque de momento no hay desarrollado protocolos de vigilancia de la salud para trabajadores expuestos a nanopartículas (Secretaría de Política Sindical de UGT de Catalunya - Salud laboral, 2011), se tiene constancia de que el CSIC en Madrid desarrolla y aplica de protocolos médicos específicos de vigilancia de la Salud para sus trabajadores (Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2013).

También destacar que el INSST indica en la Guía comentada anteriormente - *Seguridad y Salud en el trabajo con Nanomateriales* (INSST, 2015)- que: “debido a la incertidumbre actual sobre sus efectos en la salud, es especialmente importante implementar las medidas de control con una vigilancia periódica de la salud de los trabajadores expuestos, lo que permitirá detectar de forma precoz cualquier efecto adverso, disfunción o síntomas que estos puedan presentar. La vigilancia deberá extremarse en el caso de personas especialmente sensibles o de trabajadoras embarazadas y madres lactantes”.

8. Productos de construcción con NMMs

Tal como se ha comentado, no existe ninguna normativa específica en materia preventiva para trabajar con nanomateriales a nivel de la UE. Sin embargo, en concreto para el sector de la construcción, distintos países han publicado documentos específicos, aunque no vinculantes ni de obligado cumplimiento.

En España, el INSST ha desarrollado distintas herramientas técnicas que pretenden facilitar la aplicación de las exigencias legales. En 2015 el INSST publicó un documento titulado *Riesgos Derivados de la exposición a NMMs en distintos sectores: construcción* (INSST, 2015). En este documento se habla del riesgo asociado y se definen medidas preventivas. Más recientemente, el INSST ha publicado otro documento sobre los NMM en el sector de la construcción: *Exposición potencial a nanomateriales en el sector de la*

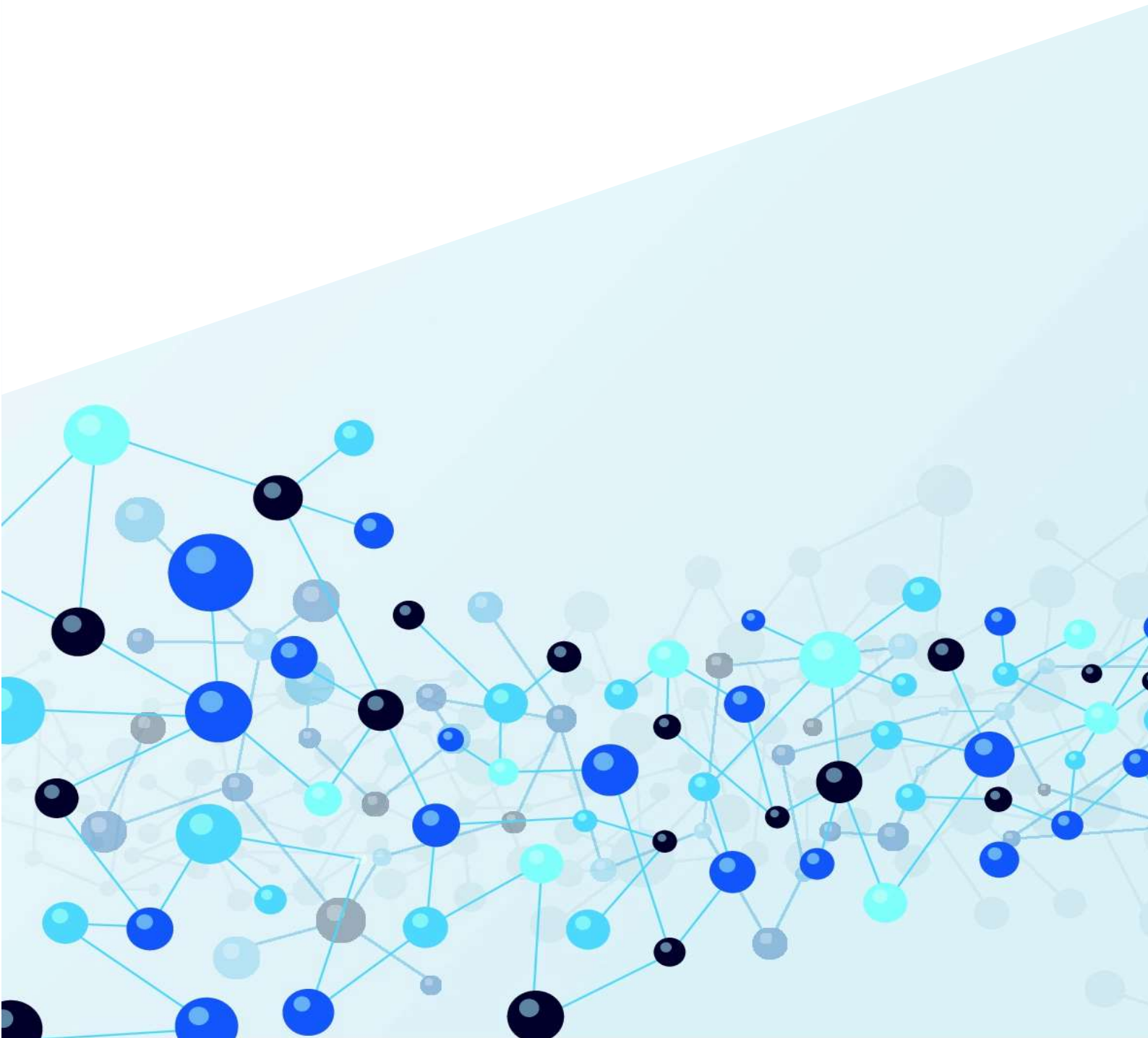
construcción (INSST, 2017), aportando nueva información sobre los niveles de exposición en procesos relevantes en el sector de la construcción.

En Reino Unido, la Institution Occupational Safety and Health (IOSH) ha publicado dos documentos específicos para el sector de la construcción: *Nanotechnology in construction and demolition. Guidance for industry* (IOSH, 2017a) y *Nanotechnology in construction and demolition: what we know, what we don't* (Gibb et al, 2018). En estos documentos, encontramos información detallada de las aplicaciones actuales de los NMMs en el sector de la construcción, sin embargo, no aportan información sobre aspectos toxicológicos o la probabilidad de exposición.

Por su parte, el Instituto de Seguridad Laboral alemán (BAuA) tiene una página web interactiva donde trata esta temática (Nanorama production, 2018). Finalmente, con carácter general, la Unión Europea publicó el documento *Working Safely with Manufactured Nanomaterials* (European Commission, 2014), donde se incluyen recomendaciones para el uso seguro de nanomateriales en actividades enmarcadas en el sector de la construcción.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN



3. METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN

Tal como se comentó en el Capítulo 1, apartado 1.4, a continuación se detalla las metodologías aplicadas.

3.1. COLECTIVOS DE TRABAJADORES EN CENTROS DE INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo la investigación, se invitó a investigadores contratados en centros de investigación a participar en una encuesta on-line, enviada por correo electrónico, y dirigida a estudiar y descubrir el modo en que los riesgos derivados de los NMMs están siendo abordados (Objetivo 1). En los siguientes apartados se proporciona información detallada sobre la metodología seguida en el estudio.

3.1.1. Etapa 1. Diseño de la encuesta

En esta primera etapa se elaboró un borrador preliminar de la encuesta considerando recomendaciones sobre prácticas de seguridad generales para trabajar con NMMs en laboratorios de investigación (Cornelissen et al., 2014, Gibbs et al., 2012, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2008, Ricaud and Witschger, 2012, Rosell and Pujol, 2008, Tanarro and Gálvez, 2009), así como encuestas previas que examinaban prácticas de nanoseguridad (Balas et al., 2010, Boutou-Kempf, 2010, Conti et al., 2008, European Commission, 2005, European NanoBusiness Association, 2005, Gerritzen et al., 2006, Helland et al., 2008, Jacquet, 2012, Lekas et al., 2006, Lindberg and Quinn, 2007, Schmid y Riediker, 2008, Van Broekhuizen y Van Broekhuizen, 2009, Zhang et al., 2014)

Antes del envío de la encuesta se realizó la validación del borrador del cuestionario con un panel de expertos. Según lo recomendado por Landeta (Landeta R., 1999), los participantes del panel deben demostrar sus conocimientos en el tema de estudio. Este conocimiento se valoró para seleccionar a los candidatos del panel, considerando sus años de experiencia, publicaciones y posición profesional relacionada con las áreas de conocimiento que enmarcan esta investigación (nanotecnología, nanoseguridad en el trabajo), así como su disponibilidad para contribuir y participar en la prueba.

Después de contactar a varios expertos con este perfil, finalmente participaron nueve expertos. Los expertos tienen diferentes antecedentes y realizan una variedad de actividades profesionales en organizaciones de enseñanza e investigación, corporaciones tecnológicas e industriales, así como empleados públicos de agencias españolas de salud y seguridad en el trabajo.

La validación del cuestionario se realizó on-line. Los expertos realizaron sus contribuciones con respecto a cada pregunta y calificaron los aspectos del cuestionario

en general a través de una escala Linkert de 5 niveles. Los aspectos que se evaluaron fueron: la estructura del cuestionario, el alcance, la claridad y la concreción de las preguntas y el tiempo requerido para realizar la encuesta.

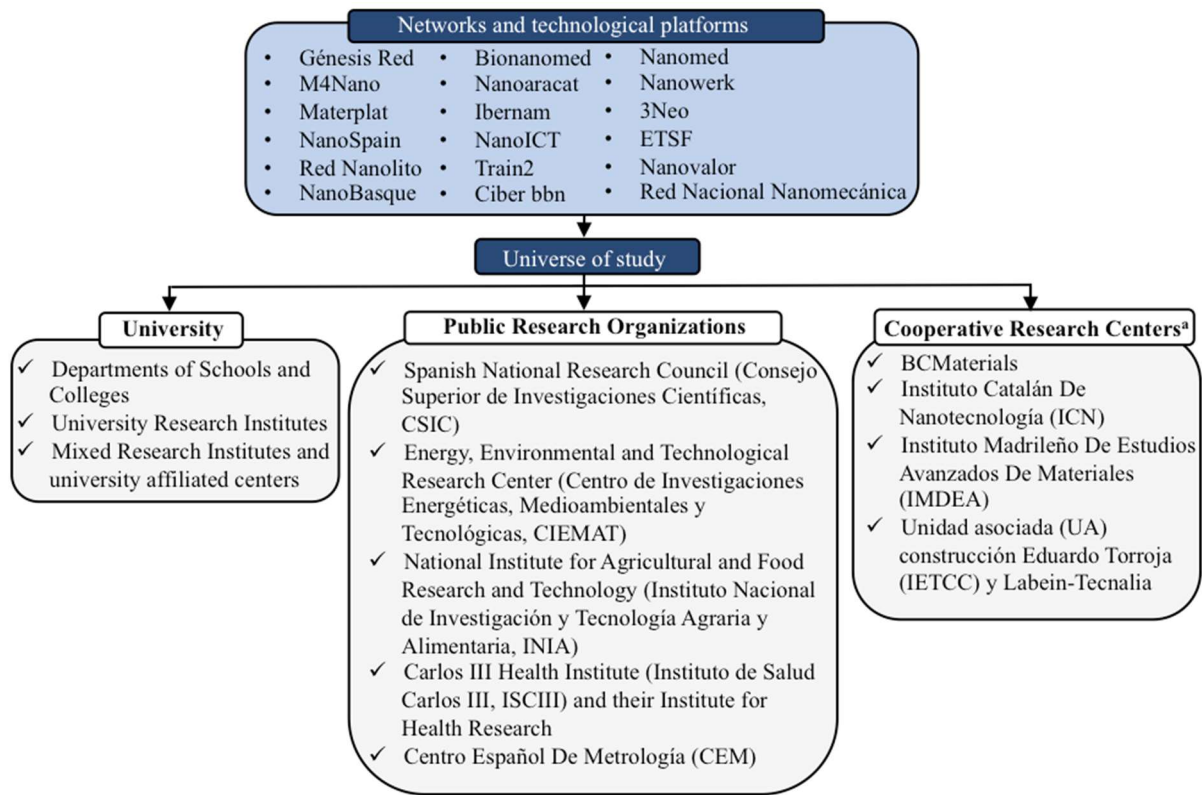
Las principales recomendaciones se centraron en incluir algunas preguntas relacionadas con los accidentes de trabajo y la gestión de residuos. Muchos de los participantes señalaron la duración y el tiempo necesarios para responder el cuestionario como un problema a resolver; sin embargo, al mismo tiempo, ninguno de ellos sugirió que preguntas deberían eliminarse y se propusieron aún más preguntas. La claridad era el atributo más valorado. Además, el panel elogió la estructura y la naturaleza específica del cuestionario, en línea con los objetivos del estudio.

La finalización de la etapa 1 resultó en una versión final del cuestionario (ver apartado 13.1 del Capítulo 13) donde se incluyeron finalmente 21 variables para recopilar y analizar la información requerida para cumplir con los objetivos de la investigación. El cuestionario contiene 18 preguntas estructuradas y abiertas divididas en 5 secciones. Se incluyó una pregunta inicial en la sección "0-Discriminación inicial" para garantizar que los participantes seleccionados manejen NMMs en su lugar trabajo, por lo tanto, solo se tuvieron en cuenta las respuestas de los participantes que aseguraron que estaban trabajando directa o indirectamente con NMMs.

3.1.2. Etapa 2. Distribución de la encuesta

En la etapa 2, la encuesta se distribuyó mediante correo electrónico utilizando la aplicación LimeSurvey® (LimeSurvey, 2016). El primer paso de esta fase fue identificar el universo de estudio: las universidades españolas, las organizaciones públicas de investigación y los centros de investigación cooperativa involucrados en nanociencia y nanotecnología. Para obtener esta información, se consultaron las principales redes y plataformas tecnológicas dedicadas a la nanociencia y nanotecnología (Figura 7).

Figura 7. Redes, plataformas tecnológicas, y tipos de organizaciones identificadas que conforman el universo de estudio.



Fuente: Elaboración propia

^aCentros donde las instituciones públicas, organizaciones de investigación, agentes innovadores en tecnología y desarrollo, y agentes científicos y tecnológicos internacionales cooperan, según sus objetivos e intereses, (Agencia de desarrollo empresarial del Gobierno Vasco (SPRI), 2013).

El segundo paso fue obtener el marco muestral. Con este fin, se usó la palabra clave "nano" en como entrada en los motores de búsqueda de las páginas web de estas organizaciones con objeto de anotar y recopilar los nombres y las direcciones de correo electrónico de los candidatos a ser encuestados. Se tuvieron en cuenta las posiciones profesionales. Las personas encuestadas eran técnicos de laboratorio y científicos que usan NMMs en sus instalaciones de investigación y que tienen una relación contractual con su organización. En un segundo paso, se enviaron 2.618 correos electrónicos a los contactos potenciales de este estudio, incluyendo un párrafo introductorio que explica el objetivo de la encuesta y la confidencialidad de las respuestas.

Durante las tres semanas sucesivas, se enviaron hasta tres recordatorios a los contactos para garantizar una tasa de respuesta más alta. Finalmente, las respuestas recogidas fueron analizadas (ver Capítulo 4) utilizando herramientas estadísticas para obtener conclusiones válidas.

3.2. COLECTIVOS DE CSSs EN OBRA

En esta ocasión, se invitó a CSSs españoles a participar en una encuesta on-line, enviada por correo electrónico, y dirigida a estudiar y descubrir el modo en que los riesgos derivados de los NMMs “nano-específicos” están siendo abordados por este colectivo (Objetivo 2). En los siguientes apartados se proporciona información detallada sobre la metodología seguida en el estudio.

3.2.1. Etapa 1. Diseño de la encuesta

La definición del primer borrador de la encuesta se basa en tres aspectos principales: las competencias y atribuciones de los CSSs derivadas de las normas vigentes sobre Seguridad y Salud en obra ((INSSBT), 2012); Real Decreto 1627/1997 (Ministerio de la Presidencia, 1997)), recomendaciones y guías disponibles sobre el uso de NMMs en obras de construcción (BAuA, 2014, Scaffold, 2015, Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT), 2015), y las características de los nanoproductos utilizados en obras de construcción identificados en el marco del trabajo de investigación realizado.

Siguiendo el esquema presentado anteriormente, se procedió a la validación del primer borrador del cuestionario. Para ello, se realizó un pre-test donde participaron nueve CSSs. Los participantes de esta prueba preliminar recibieron la encuesta con objeto de aportar comentarios sobre el alcance de la misma, la claridad de las instrucciones aportadas para su cumplimentación, la adecuación de los productos incluidos en la encuesta a los utilizados en obras de construcción, así como ortografía y redacción de las preguntas.

La recomendación principal fue la de incluir en el párrafo introductorio con una mejor explicación del alcance y la estructura de la encuesta, así como del concepto de nanotecnología y el término *nano* utilizado en el marco de esta investigación. Todo ello a fin de reducir la pérdida de respuestas de los CSSs que recibieron una invitación a la encuesta y que, no estando familiarizados con la aplicación de la nanotecnología, no respondieran.

La versión final del cuestionario se preparó después de la finalización de esta prueba previa (ver apartado 3.2 del Capítulo 13) considerando un número máximo de 14 preguntas y un mínimo de 1, como consecuencia de las preguntas introducidas a modo de filtro y que permiten eliminar participantes fuera del alcance de la encuesta.

3.2.2. Etapa 2. Distribución de la encuesta

Para acotar el universo de la encuesta, los autores consideraron las tres regiones en España donde se dispone de registro público de CSSs: Galicia, Andalucía y Madrid (Decreto 166/2005, (Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía, 2005); Decreto 33/1999, (Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, 1999); Decreto 153/2008, (Consellería de Trabajo y Bienestar de Galicia, 2008)). Finalmente, se seleccionó a Andalucía dado que es la segunda comunidad autónoma en termino de número de trabajadores empleados en el sector de la Construcción (Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2016) y, por lo tanto, donde cabe esperar un mayor número de trabajadores potencialmente expuestos a NMMs. Además, Andalucía es la única comunidad donde se puede acceder a las direcciones de correo electrónico de los candidatos a ser encuestados.

Para llevar a cabo el estudio, el registro público de CSSs de Andalucía se consultó en febrero de 2017 con un certificado electrónico personal (Decreto 166/2005, (Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía, 2005)). El registro contiene una base de datos de hasta 727 CSSs, incluyendo información de contacto (dirección de correo electrónico). Algunas de las entradas no contenían una dirección de correo electrónico o la dirección era incorrecta (207). En estos casos, para garantizar tasas de respuesta más altas, 84 personas fueron contactadas por correo electrónico a través de redes profesionales.

La encuesta se envió por correo electrónico utilizando la aplicación LimeSurvey® (LimeSurvey, 2016), enviando un mensaje con un enlace web al cuestionario. Durante las semanas sucesivas al envío, se enviaron nuevos mensajes recordatorio por correo electrónico a los contactos pendientes de respuesta.

3.3. EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO

Con objeto de llevar a cabo la evaluación cualitativa del riesgo (Objetivo 3) se aplicó una metodología estructurada en 4 etapas, considerando como base el análisis de las fichas de datos de seguridad de productos formulados con NMMs aplicados en construcción, las cuales se analizaron con objeto de identificar potenciales riesgos derivados de la incorporación de NMMs. Para tal fin, se consultaron inventarios web de productos y publicaciones recientes en materia de nanotecnología y construcción.

En la primera etapa del estudio, se llevó a cabo la búsqueda de productos formulados con NMMs incorporados en inventarios on-line reconocidos, incluyendo la base de datos de productos eLCOSH, mantenida por el Centro para la Investigación y Formación en Construcción (eLCOSH Nano, 2014), la base de datos on-line Statnano, editada con el

apoyo del Consejo de Iniciativas en Nanotecnología de Irán (Nanotechnology Products Database (NPD), 2017), el Consumer Products Inventory (CPI, 2018), desarrollada el marco del Proyecto de Nanotecnologías Emergentes (Woodrow Wilson Centre, 2014), y la Nanodatabase, desarrollada por el consejo danés de ecología y el consejo danés de productos de consumo (The Nanodatabase, 2017).

Además de los anteriores, se analizaron los inventarios publicados por la asociación europea para la coordinación de la representación del consumidor en actividades de estandarización (ANEC / BEUC) (ANEC/BEUC, 2013) y la organización "Amigos de la asociación del Medio Ambiente y la Conservación de la Naturaleza de Alemania" (Bund Nanoproduktdatenbank) (Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2016).

Como se puede derivar de la Tabla 5, donde se muestran los criterios para la inclusión de los productos recogidos en cada inventario, cada fuente considera criterios diferentes y contiene productos de mercados de áreas geográficas específicas.

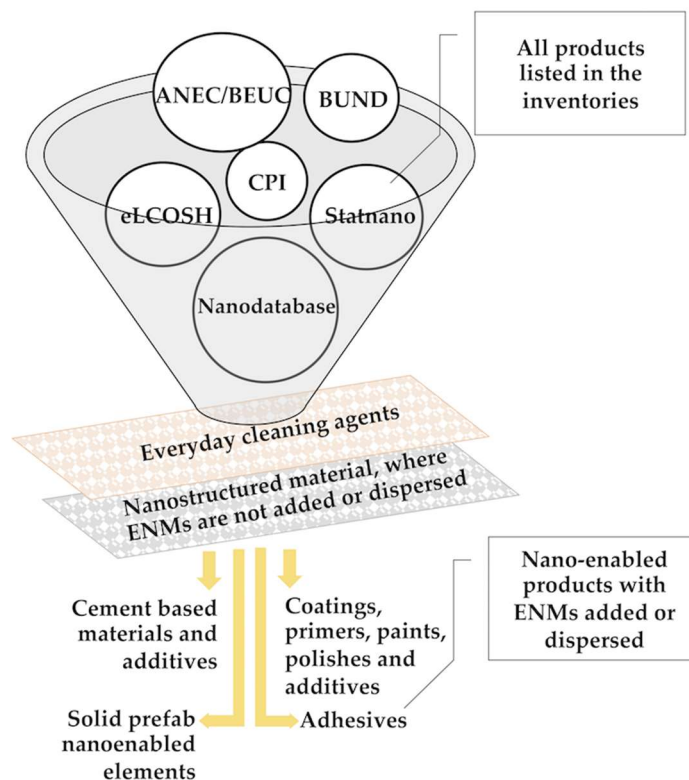
Tabla 5. Inventarios on-line de nanoproduitos consultados y los criterios aplicados para la introducción de productos en el inventario

Inventarios consultados	Mercado representado	Resumen de criterios de inclusión en el inventario
eLCOSH	Americano	Productos que declaran contener <i>nano</i> o que se basan en la aplicación de nanotecnología. La palabra <i>nano</i> aparece en el nombre de la empresa o producto. La ficha de datos de seguridad hace referencia al uso de la nanotecnología. La microscopía electrónica indica que los NMMs están presentes. El producto es <i>fotocatalítico</i> .
CPI	Americano	Productos que declaran contener <i>nano</i> o que se basan en la aplicación de nanotecnología.
Statnano	Mundial	La verificación de la incorporación de un producto se realiza de acuerdo con las definiciones relacionadas con la nanotecnología según las Normas internacionales ISO / TS 80004-1: 2015 e ISO / TS18110: 2015, respectivamente.
Nanodatabase	Europeo	Productos que declaran contener <i>nano</i> o que se basan en la aplicación de nanotecnología.
Bund	Alemán	Productos que declaran contener <i>nano</i> o que se basan en la aplicación de nanotecnología.
ANEC/BEUC	Europeo	Productos que declaran contener <i>nano-plata</i>

Fuente: (ANEC / BEUC, 2013; Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2016; eLCOSH Nano, 2014; NPD,2017; The Nanodatabase, 2017; Centro Woodrow Wilson, 2014)

En el marco del presente estudio, se adoptaron un conjunto de criterios para seleccionar la lista final de productos a analizar (ver Figura 8). A este respecto, se excluyeron los NMMs comercializados como tales, ya que estos no se utilizan directamente en las obras de construcción. Además, se excluyeron también aquellos productos con una estructura interna o superficie nanoestructurada, donde no se agregan o dispersan NMMs, como puede ser el caso del acero nanoestructurado.

Figura 8. Flujo de trabajo y criterios aplicados para seleccionar los nanoproductos usados en obras de construcción.



Fuente: Elaboración propia.

La lista final de productos examinados después de aplicar los criterios de selección se clasificó en cuatro grupos: i) materiales cementosos y aditivos, ii) recubrimientos, imprimaciones, pinturas, abrillantadores y aditivos, iii) adhesivos y iv) elementos prefabricados sólidos.

La segunda etapa se centró en la búsqueda y recopilación de las FDS de la lista de nanoproductos seleccionados. Para tal fin, las FDS y la información técnica disponible se descargó directamente de los sitios web del fabricante o distribuidor. Cuando el acceso a dicha información no era posible, se contactó con los responsables de la comercialización del producto por correo electrónico para solicitar información.

La tercera etapa se centró en la evaluación de la información disponible en las distintas secciones de las FDS recopiladas. La sección 2 *Composición / información sobre los ingredientes* se analizó detalladamente para identificar aquellos productos donde se incluyen los NMMs dentro de los componentes declarados y, por lo tanto, se consideraban *componentes peligrosos*. La sección 3 de las FDS *Identificación de peligros* se estudió para identificar la clasificación de peligro y pictogramas asignados. Y finalmente, las secciones 7 *Manipulación y almacenamiento* y 8 *Controles de Exposición/protección personal* también se estudiaron para identificar cualquier consideración y/o recomendación vinculada con la presencia de NMMs en el producto.

Tanto en la segunda como en la tercera etapa, el estudio se centró en los riesgos por exposición a agentes químicos, y por tanto aquellos derivados del uso de NMMs en sustancias o mezclas. Por lo tanto, sólo se consideraron aquellos productos en los que se han incorporado o dispersado NMMs con FDS disponible, excluyéndose elementos prefabricados sólidos, por ejemplo, materiales cerámicos nanofuncionalizadas, vidrios, plásticos o aislamientos (láminas/mantas o como material granular), donde los NMMs están embebidos en una matriz.

La cuarta y última etapa realizada se centró en la estimación del potencial de exposición a NMMs para los distintos grupos de nanoproductos estudiados. Las formas en que los NMMs pueden liberarse se definieron en base a los resultados mostrados en publicaciones actuales sobre el potencial de exposición a NMMs y partículas durante operaciones habituales en el sector de la construcción (Kumar et al., 2012, Scaffold, 2015). También se evaluaron las principales rutas de exposición y la probabilidad de exposición potencial para algunos de los usos más representativos definidos para los diferentes tipos de operaciones realizadas.

El análisis combinado de la información recuperada de las FDS y las estimaciones del potencial de exposición se utilizó como enfoque para evaluar si la incorporación de NMMs en productos de construcción supone un nuevo riesgo laboral en las obras de construcción.

3.4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LOS CASOS DE ESTUDIO

La evaluación de la exposición en los casos de estudio se llevó a cabo para alcanzar el Objetivo 4, donde se plantea la realización de dos casos de estudio dirigidos a la evaluación de los niveles de exposición a nanomateriales en operaciones habituales realizadas en la etapa de investigación de nuevos materiales y la aplicación de

nanoproductos en obra. En los casos de estudio se considera únicamente la vía inhalatoria, principal ruta de exposición a NMMs en las actividades estudiadas.

A continuación, se detalla la metodología seguida en los casos de estudio.

3.4.1. Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor

EVALUACIÓN CUANTITATIVA

En este caso de estudio se siguió la metodología de evaluación simplificada NEAT (Nanoparticles Emission Assessment Technique), ampliamente utilizada para la identificación del potencial de exposición a NMMs en ambientes de laboratorio, y definida por expertos del Instituto de Seguridad y Salud estadounidense NIOSH.

La metodología comprende dos etapas principales. La primera etapa o nivel 1, se centra en la identificación de las fuentes de emisión en las operaciones a evaluar. Para ello, se realizó una visita presencial con objeto de recabar información sobre el nivel de fondo de partículas en los laboratorios y la posible emisión de nanopartículas durante las actividades con NMMs. La información recabada in situ se complementó con datos bibliográficos (Groso et al., 2016, Bocconi et al., 2018).




La segunda etapa o nivel 2 se llevó en cabo una vez se identificaron los posibles puntos de liberación de NMMs en el lugar de trabajo, procediéndose a estudiar mediante equipos de medida directa el tipo y niveles de partículas liberadas durante la ejecución de las operaciones en las que se ha estimado un probable riesgo.

Las mediciones se realizan con diferentes objetivos. En primer lugar, se mide el nivel de fondo o background (BG). El nivel de fondo nos permitió conocer la cantidad de partículas que hay en suspensión en el ambiente en momentos de no actividad con nanomateriales.

En segundo lugar, se procede a la medición de los niveles de exposición durante el proceso o actividad. En el marco del presente estudio, se midieron los niveles de partículas en dos posiciones, incluyendo la zona de respiración del trabajador, en torno a 30 cm de sus vías respiratorias (PBZ), y el Far Field (FF) o campo lejano, en torno a 1,5-2 m del foco de emisión.

Las concentraciones de partículas y sus distribuciones de tamaños se midieron utilizando contadores de partículas y clasificadores de tamaño, complementándose con bombas de muestreo personal. Los equipos utilizados en el marco del estudio se detallan en la Tabla 6.

Tabla 6. Equipos utilizados para la evaluación cuantitativa de la exposición

Instrumento		Tipo de Métrica	Rango
Contador de partículas por condensación(CPC – TSI 3007)		Número de partículas / cm ³	6-1000 nm < 10 ⁵ part/cm ³
Optical Particle Sizer (OPS – TSI 3330)		Número de partículas / cm ³ en 16 canales de tamaño Masa en términos de mg/cm ³ en 16 canales de tamaño	300 – 10000 nm < 10 ³ part/cm ³
Nanotracer (Oxility)		Número de partículas / cm ³ Diámetro medio (nm) Área superficial depositada en pulmones (LDSA) Masa (mg/cm ³)	6-300 nm < 10 ⁶ part/cm ³

Los instrumentos de lectura directa se complementaron con la captación de partículas en filtros (casetes de 37 mm) para su posterior análisis y obtención de datos morfológicos y de composición química. Estas muestras de aire se recolectaron de la zona de respiración utilizando una bomba de muestreo personal modelo APEX (marca Casella CEL) a un caudal de 3,5 l min⁻¹ y un filtro de policarbonato.

Los filtros recogidos se analizaron mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (SEM) acoplada a la espectroscopia de rayos X dispersiva de energía (EDXS).

EVALUACIÓN CUALITATIVA

La tarea estudiada fue analizada con los modelos matemáticos denominado *Control banding Nanotool* para obtener una estimación de la severidad del peligro y del potencial de exposición. No resultaron ser aplicables en este caso el método Stoffenmanager Nanomodule 1.0 y Art Tool, dado que los métodos disponibles todavía no disponen de opciones de entrada de datos que sean equiparables al caso de estudio.

3.4.2. Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂

EVALUACIÓN CUANTITATIVA

En el segundo caso de estudio se optó por la aplicación de la metodología de caracterización cuantitativa de la exposición recomendada en las publicaciones de Medio Ambiente, Salud y Seguridad de la OCDE (Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2015). Esta estrategia describe un enfoque organizado en tres etapas, e incluye estudios de nivel 1, centrados en la identificación de

las fuentes de emisión, estudios de nivel 2, que utilizan dispositivos de medición en tiempo real para recopilar información sobre el nivel de partículas de fondo y las variaciones en la concentración del número de partículas durante el proceso con NMMs, utilizando para ello instrumentos portátiles de lectura directa capaces de detectar partículas en rango nanométrico (5 –1000 nm) y micrométrico (0.3 – 10 micras) en la atmósfera del lugar de trabajo, y finalmente estudios de nivel 3, que se basan en la utilización de instrumentos de alta precisión en combinación con bombas de muestreo personal para la captación y retención de partículas en la zona de respiración del trabajador.

Como puede observarse, se trata de una metodología similar a la utilizada por NIOSH, incorporando equipos de mayor precisión que permiten estudiar con detalle ambientes menos acotados que un laboratorio y donde cabe esperar una mayor diversidad en los tipos de partículas, como es el caso de una obra de construcción.

En este estudio, se llevó a cabo una campaña de medición aplicando un enfoque combinado de los niveles 2 y 3, empleando un conjunto de instrumentos para cuantificar en tiempo real los niveles de exposición, incluyendo un contador de partículas por condensación (CPC - TSI Modelo 3007), un clasificador y contador de partículas óptico (OPS - TSI Modelo 3330), que proporciona datos sobre distribuciones de tamaño de partículas y un espectrómetro portátil modelo NanoScan (SMPS Modelo 3910), que proporciona medidas de alta precisión de la distribución del tamaño de partículas en el rango de 10 a 350 nm. Durante las mediciones, se realizó además un registro de todos los eventos que ocurrieron durante la duración total de las campañas con objeto de apoyar la interpretación de los resultados.

El inlet (entrada de aire) de los dispositivos ubicados en el campo cercano (NF) se ubicaron aproximadamente a una altura de $1,5 \pm 0,1$ m y a una distancia de ~ 0.5 m del trabajador. La exposición se evaluó midiendo directamente en la zona de respiración personal (PBZ) del operario, definida como un hemisferio de 30 cm alrededor de la boca y la nariz. Para ello, se utilizaron tubos de Tygon® flexibles de 80 cm unidos a las entradas de los instrumentos (CPC 3007, TSI NanoScan y OPS 3330), muestreando así aire de la zona de respiración del trabajador. Los dispositivos de campo lejano (FF) (OPS / CPC) se colocaron a una distancia de 6 a 12 m.

El equipo NanoScan permite obtener la distribución de tamaños total del ambiente muestreado cada 60 s, considerando un rango de tamaño de 10 nm a 350 nm y una concentración máxima de hasta 10^6 partículas/cm³

Los instrumentos de lectura directa se complementaron con la captación de partículas en filtros (casetes de 37 mm) para su posterior análisis y obtención de datos

morfológicos y de composición química. Estas muestras de aire se recolectaron de la zona de respiración utilizando una bomba de muestreo personal modelo APEX (marca Casella CEL) a un caudal de $3,5 \text{ l min}^{-1}$ y un filtro de policarbonato.

Los niveles de fondo se establecieron considerando los datos sobre la concentración de NMMs medidos antes de que comenzaran las operaciones que involucraban el uso de nanoproductos. La comparación de niveles de fondo y las concentraciones medidas (tomadas cuando el proceso está en funcionamiento) se realiza con objeto de identificar cualquier aumento significativo en los niveles.

La morfología y naturaleza química de los NMMs retenidos en el filtro de policarbonato se utilizaron para conocer el perfil químico de las partículas analizadas mediciones en tiempo real con objeto de distinguir los NMMs de las nanopartículas incidentales presentes en el lugar de trabajo.

EVALUACIÓN CUALITATIVA

La tarea estudiada fue analizada con los modelos matemáticos denominado *Control banding Nanotool* para obtener un nivel de riesgo y unas medidas de control asociadas, el *Stoffenmanager Nanomodule 1.0* para determinar una clase de peligro, y de riesgo en función del tiempo y la tarea y el *Art Tool* que estipula una exposición en mg/m^3 .

CAPÍTULO 4

IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR PERSONAL TÉCNICOS DE LABORATORIOS Y DE INVESTIGACIÓN



4. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR PERSONAL TÉCNICOS DE LABORATORIOS Y DE INVESTIGACIÓN

4.1. ANTECEDENTES

Tal y como se ha puesto en el Capítulo 2, existe una preocupación por parte de los trabajadores que usan NMMs en la industria y en los laboratorios de investigación que deriva de los resultados de investigaciones toxicológicas directas. Además, del número limitado de estudios epidemiológicos, actualmente no es posible concluir si hay efectos en la salud asociados con la exposición a los NMMs en los trabajadores (Liou et al., 2015).

Con respecto a los datos oficiales sobre el número de trabajadores potencialmente expuestos a las NMMs, actualmente no hay datos oficiales (Brun et al., 2008). Sin embargo, debido al número creciente de aplicaciones de nanotecnología en todos los sectores y productos de consumo (ANEC/BEUC, 2015), se estima que aproximadamente dos millones de trabajadores estarán expuestos durante los próximos 10 años (Oberdörster et al., 2005a). Otros datos indican que hay alrededor de 300.000 a 400.000 empleos afectados en la Unión Europea (European Commission, 2013), aproximadamente 2.000 trabajadores potencialmente expuestos a nanopartículas en el Reino Unido (Aitken et al., 2004), 3.340 empleados en lugares de trabajo donde se producen NMMs en Francia (Boutou-Kempf, 2010) y en España hay cerca de 300 grupos de investigación de universidades, centros de investigación y empresas que representan un grupo de personas de más de 2.000 científicos que trabajan en Nanociencia y Nanotecnología (Phantoms Foundations, 2012). La creciente preocupación por el impacto del uso de nanopartículas en forma sólida y otros NMMs en la salud y la seguridad se centra casi exclusivamente en los posibles efectos tóxicos, al tiempo que ignora otros riesgos de seguridad como el riesgo de incendio y explosión (Dimitrijevic, 2010, Pritchard, 2004).

La exposición a los NMMs se ha convertido por tanto en un nuevo riesgo emergente en el trabajo (European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2009). Sin embargo, la tarea de proteger a los trabajadores de este riesgo es complicada, ya que no siempre es apropiado seguir la metodología habitual de higiene industrial. De hecho, no hay consenso sobre el tipo de métrica a utilizar cuando se evalúan las dosis de exposición a los NMMs.

El área superficial suele ser la más apropiada (Lindberg, H. K. et al., 2009, Oberdörster et al., 2005b, Oberdörster et al., 2005a) pero no se pueden establecer valores límite dado que el conocimiento actual sobre la toxicidad aguda y a largo plazo en los seres humanos

todavía es escaso (Savolainen et al., 2010). Además, debido a la baja precisión de los dispositivos de medición actuales, deben desarrollarse métodos y técnicas analíticas para obtener datos comparables y robustos sobre los niveles de exposición. Como ejemplo, los contadores de partículas actuales no distinguen entre las partículas ultrafinas existentes y las derivadas de los procesos y que suponen la exposición ocupacional (Tanarro, 2010), aspecto fundamental para establecer los valores límite de exposición profesional (Bergamaschi, E., 2009).

Además de los aspectos comentados, existe una falta de regulación específica sobre la seguridad en el ámbito de la nanotecnología y los riesgos laborales que contribuya a mejorar la situación actual. Este es el caso en España, donde las regulaciones relacionadas con asuntos de Seguridad y Salud en el trabajo no incorporan aspectos relativos a los potenciales riesgo de los NMMs (Ministerio de la Presidencia, 2001, Ministerio de la Presidencia, 1997, Ministerio de la Presidencia, 2003, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1995). No obstante, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST) ha publicado directrices generales sobre salud y seguridad en el lugar de trabajo con NMMs (Instituto Nacional de Seguridad, Salud en el Trabajo (INSST), 2015a), documentos divulgativos sobre el riesgo de exposición a los NMMs en el sector de la automoción (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSSBT), 2016) y en el sector de la construcción (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2015b), además de dos guías dedicadas a la prevención (Rosell y Pujol, 2008, Tanarro, 2010).

El presente estudio se enfoca en los trabajadores potencialmente expuestos a NMMs, para quienes las prácticas generales de seguridad con NMMs son relativamente desconocidas. La mayoría de los estudios existentes sobre prácticas de nanoseguridad se centran en entornos industriales (Engeman et al., 2012, European Commission, 2005b, European Commission, 2005a, European NanoBusiness Association, 2005, Helland et al., 2008, Jacquet, 2012, Lindberg y Quinn, 2007, Schmid and Riediker, 2008) y, en menor medida, en entornos de investigación y desarrollo (Gerritzen et al., 2006b, Zhang, C. et al., 2014, Conti et al., 2008, Boutou-Kempf, 2010, Balas et al., 2010) a pesar de que los laboratorios de investigación son más propensos a sufrir la ausencia de programas y prácticas de Seguridad y Salud nanoespecíficos (Conti, et al. 2008; Balas, et al. 2010). Además, según (Zhang, et al. 2014), en China la mayor parte de laboratorios de investigación en nanotecnología implementan medidas de seguridad generales, mientras que la implementación de medidas de protección nanoespecíficos es menos frecuente.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE CAMPO

De las 2.618 invitaciones a participar en el estudio, 578 personas completaron la encuesta, y 495 de ellas indicaron realizar su trabajo mientras estaban expuestas directa o indirectamente a NMMs, pero solo 425 eran válidas, principalmente debido a problemas de coherencia en algunas de las respuestas, por ejemplo, marcar una respuesta y "N/A" al mismo tiempo.

4.2.1. Datos generales

NMMs y campos de investigación relacionados

Se identificaron más de 22 tipos de NMMs diferentes. Los más utilizados son las nanopartículas de oro (NP), seguidas de las NP de hierro y el grafeno. También se identificaron más de 15 campos de investigación relacionados con los NMMs más comúnmente utilizados, siendo energía y electrónica los más representativos, donde el grafeno es el NMMs más empleado (ver Tabla 7).

Tabla 7. Campos de Investigación y NMMs más representativos

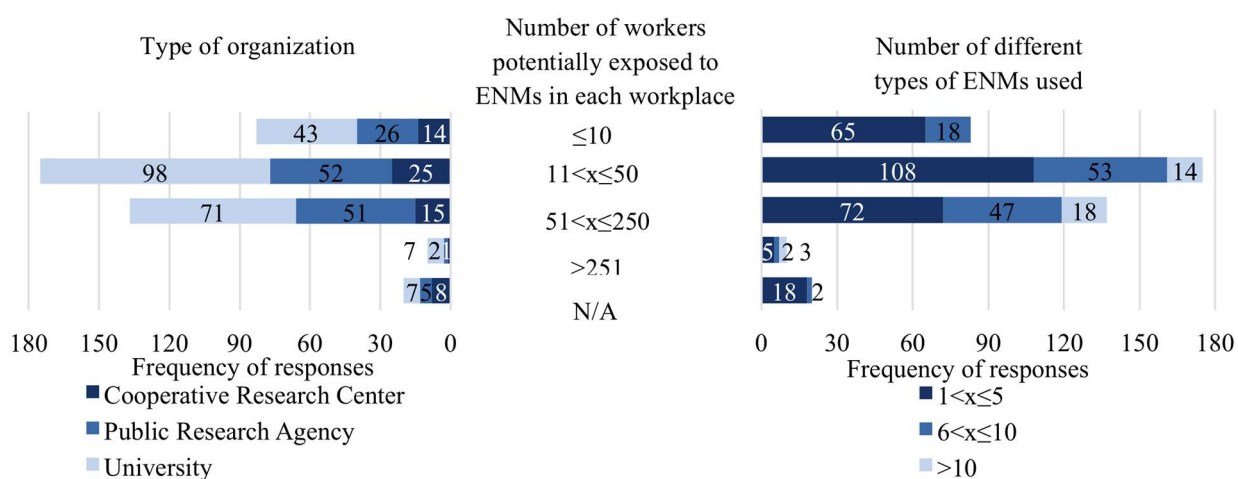
Campos de Investigación	Respuestas	NMMs más representativos
Energía y electrónica	185	Grafeno
Medicina y farmacia	141	Fe
Microscopia e instrumentación	127	Au
Medio Ambiente	48	Au
Otros campos de investigación	44	Au
Investigación académica	40	Au
Cosmética y deporta	22	Polímeros (no poliestireno (PE))
Ciencia de los materiales	19	Grafeno
Agricultura y alimentación	18	Fe, Polímeros(no PE), Compuestos orgánicos
Química, síntesis and catálisis	16	MWCNT
Textiles	12	Polímeros (no poliestireno (PE))
Construcción	11	SiO ₂ & Si
Biotecnología y sensorica	10	Compuestos orgánicos
Defensa	8	Au
Fotónica	5	Quantum dots (Puntos Cuánticos)
Transporte	5	Au

Fuente: Elaboración propia

Organizaciones y número de trabajadores potencialmente expuestos a NMMs

La relación entre el número de trabajadores potencialmente expuestos a NMMs en sus lugares de trabajo y el número de diferentes NMMs manipulados y el tipo de organizaciones resultó significativo ($p = 0,000$), como indica el estadístico χ^2 -Pearson. La mayoría de los encuestados trabajan en centros de entre 11 y 50 trabajadores potencialmente expuestos a NMMs (41,2%, $n = 175$), manejando hasta 5 NMMs diferentes y realizando su trabajo en laboratorios universitarios (Gráfica 2).

Gráfica 2. Número de trabajadores expuestos a NMMs en comparación con el tipo de organización y el número de NMM diferentes manejados

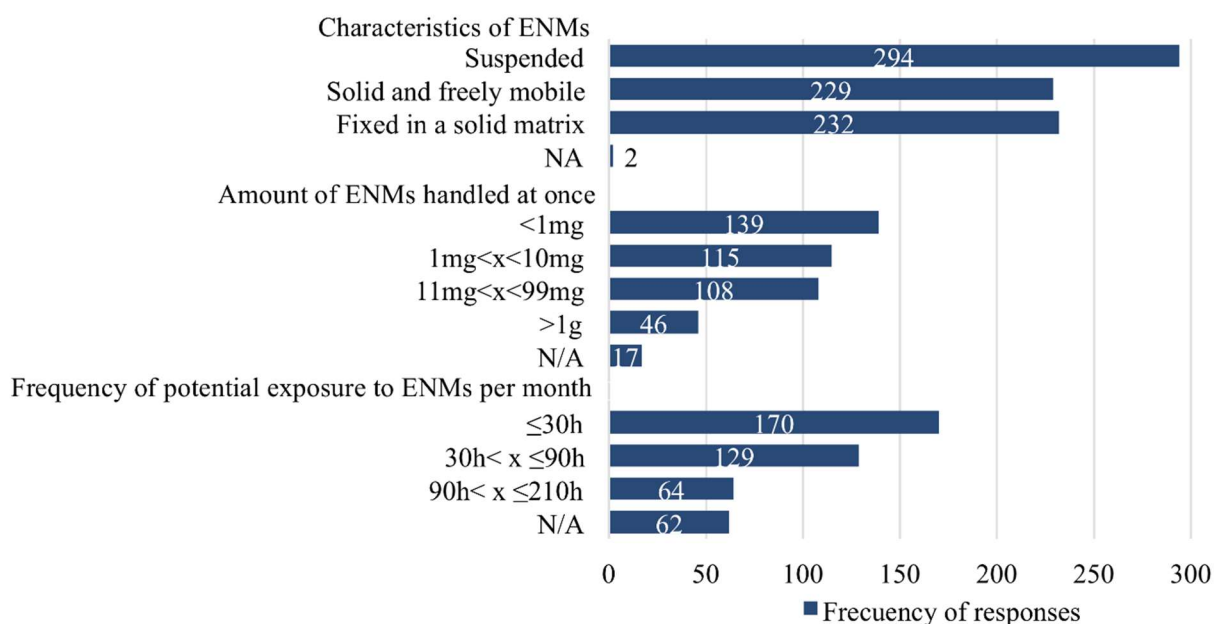


Fuente: Elaboración propia

Especificaciones de uso de NMMs: frecuencia, cantidad y características

La especificación del uso de NMMs se muestra en la Gráfica 3. La forma más habitual en la que los trabajadores manipulan los NMM es en suspensión. La cantidad máxima más común de NMMs manejados resulta menor de 1 mg y el tiempo de exposición mensual más frecuente es menos de 30 horas.

Gráfica 3. Especificaciones de uso de NMMs: frecuencia, cantidad y características



Fuente: Elaboración propia.

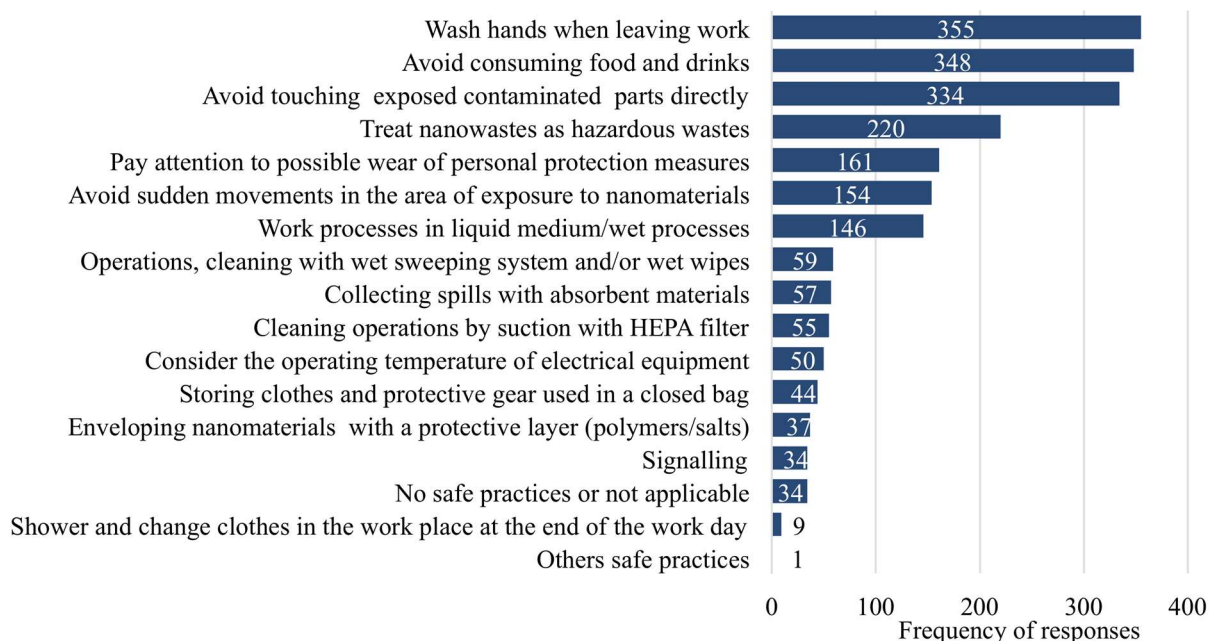
4.2.2. Buenas prácticas en el lugar de trabajo

Las buenas prácticas reportadas por los encuestados se presentan en la Gráfica 4. Prácticamente todos los encuestados realizan algún tipo de prácticas específicas cuando trabajan con NMMs (93,2%, n = 396).

Las prácticas más comunes están relacionadas con la aplicación de medidas de higiene, también recomendadas cuando se usan NMMs (Gibbs et al., 2012, Ricaud and Witschger, 2012, Rosell and Pujol, 2008), como lavarse las manos al salir del trabajo. Sin embargo, en algunos casos se reportan otras prácticas relacionadas con la limpieza y el tratamiento de derrames.

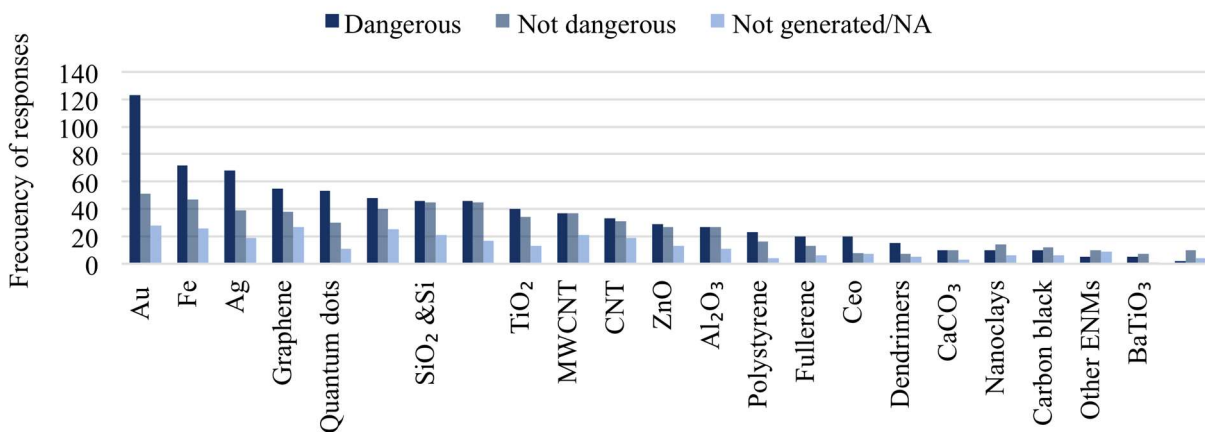
Aunque no existe una regulación específica sobre el tratamiento de los residuos con NMMs, se recomienda que se traten como residuos peligrosos (NEPHH'S CONSORTIUM, 2012). La mayoría de los encuestados (51,8%, n = 220) siguen esta recomendación, aunque solo (22,4%, n = 95) habían recibido formación e información sobre este aspecto.

Gráfica 4. Buenas prácticas para el trabajo con NMMs



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5. Tipo de tratamientos de nanoresiduos por tipo de NMMs



Fuente: Elaboración propia

Si se analiza el tratamiento de nanoresiduos para cada tipo de NMMs, los resultados muestran que las nanopartículas de oro muestran la mayor discrepancia entre la cantidad de trabajadores que los tratan como desechos peligrosos y los que los tratan como no peligrosos (como se muestra en la Gráfica 5). Materiales como los MWCNT, Al₂O₃ y CaCO₃ también se destacan por ser tratados como peligrosos y no peligrosos, con el mismo número de respuestas. Además, las nanoarcillas, el negro de carbón, otros nanomateriales, BaTiO₃ y otros metales de transición se tratan más comúnmente como

no peligrosos, coincidiendo con las cifras de los NMMs menos utilizados por los encuestados.

La implementación de algunos tipos de buenas prácticas no está relacionada con la cantidad de horas trabajadas por mes, sin embargo, está significativamente relacionado con la presencia de medidas de control ($p = 0,000$) como lo indica el test exacto de Fisher χ^2 . La presencia de medidas de control duplica en más del doble la implementación de las buenas prácticas en el trabajo, como lo indican la razón de oportunidades o razón de probabilidades "odd ratios". Tal aspecto se puede explicar porque cuando el trabajador tiene acceso a medidas de control adecuadas, es más fácil realizar las buenas prácticas correctas para trabajar de manera segura con NMMs.

4.2.3. Medidas de Control

La implementación de algún tipo de medidas de control fue indicada por (69.4%, $n = 295$) de los encuestados. En la Tabla 8 estas medidas se han clasificado en dos tipos:

- Control de la dispersión de NMMs en el aire.
- Confinamiento

Tabla 8. Controles de exposición implementados clasificados por grupos y número de respuestas

Control de la dispersión en aire		Tipo de confinamiento	
	Nº		Nº
Ventilación con campana extractora	235	Operaciones en caja de guantes o glove bags	104
Sistemas de climatización / calefacción y sistemas de ventilación y extracción diferenciadas por zonas.	62	Procesos en urnas/reactores/sistemas	86
Habitación con presión negativa o positiva.	51		
Ventilación por dilución	31		

Nº=Frecuencia de las respuestas

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la frecuencia de las respuestas sobre las medidas de control implementadas, la ventilación mediante campanas de extracción es la más implementada junto a otros tipos de controles que se encuentran muy por detrás. Es importante tener en cuenta que (30,6%, $n = 130$) no indica o no conoce las medidas de control.

Las zonas de trabajo universitarias tienen una mayor tasa de incidencia relativa de respuestas sobre la incertidumbre de las medidas de control. Estos resultados están en línea con otras investigaciones que señalan que los laboratorios universitarios presentan más impedimentos internos, como el coste de mejorar las prácticas de medio ambiente, Seguridad y Salud, y la falta de prioridad de protocolos de Seguridad y Salud, que los laboratorios de investigación (no académicos) o las empresas (Gerritzen et al., 2006a).

Además, si se calcula la tasa de incidencia relativa, los trabajadores de este tipo de organización reciben una menor información y capacitación sobre el uso de medidas de control (39,4%).

Tabla 9. Tasas de incidencia relativa (%) de las medidas de control implementadas según el tipo de organización y el número de trabajadores potencialmente expuestos a NMM por lugar de trabajo

Medidas de control implementada	Organizaciones			Número de trabajadores potencialmente expuestos a NMMs por lugar de trabajo			
	Universidad	Agencia pública de investigación	Centro de investigación cooperativa	≤50	51<x≤250	>251	N/A
Ventilación con campana extractora	54,0	59,6	50,8	53,1	57,7	70,0	60,0
Procesos de trabajo en caja de guantes / bolsas de guantes	21,2	30,1	23,8	20,9	30,7	60,0	10,0
Procesos de trabajo en reactores confinados	20,8	22,1	14,3	16,3	27,0	50,0	10,0
Sistemas de climatización / calefacción y sistemas de ventilación y extracción diferenciadas por zonas.	13,3	11,0	27,0	12,4	18,2	30,0	10,0
Espacios con ventilación positiva o negativa	11,9	12,5	11,1	9,7	16,1	30,0	5,0
Ventilación por dilución	6,6	6,6	11,1	6,6	9,5	-	5,0

^aPorcentaje (%) del número de trabajadores que pertenecen a una organización específica que indicó la presencia de una medida de control específica, en comparación con el número total de trabajadores que pertenecen a este tipo de organización.

^bPorcentaje (%) del número de trabajadores que indicaron una medida de control específica en su lugar de trabajo con un número determinado de trabajadores potencialmente expuestos a NMMs, en comparación con el número total de trabajadores que realizan su trabajo en este tipo de lugar de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

El número de trabajadores expuestos a NMMs también puede influir, ya que el número de trabajadores a proteger puede promover la implementación de determinadas medidas de control. Si la implementación de las medidas de control se evalúa de acuerdo con la tasa de incidencia relativa del número de trabajadores

expuestos (ver Tabla 9), se observa que a medida que aumenta el número de trabajadores potencialmente expuestos en el lugar de trabajo, la implementación de medidas de control también aumenta.

La Tabla 10 muestra la relación entre los grupos de medidas de control y las características de los NMMs tratados. Las medidas de control establecidas para controlar la emisión en el ambiente laboral se implementan con mayor frecuencia cuando se suspenden los NMMs. Estas medidas de control también son las que se implementan con mayor frecuencia cuando los NMMs son sólidos, pero en menor medida que cuando se fijan en una matriz sólida o se embeben en una superficie. Este último aspecto es notable, ya que comúnmente se acepta que cuando los NMMs se encuentran embebidos en una matriz sólida o anclados sobre una superficie, se espera un bajo potencial de exposición a los NMMs, mientras que cuando los NMMs son sólidos y se mueven libremente, pueden liberarse, y por lo tanto, se aumenta la exposición a ellos. A pesar de esto, hay una menor implementación de medidas de confinamiento y medios de control para controlar la liberación en el lugar de trabajo cuando los NMMs son sólidos que cuando los NMMs están embebidos en una matriz sólida o anclados sobre una superficie.

Tabla 10. Relación entre los grupos de medidas de control que los encuestados indicaron ser implementados y las características de los NMMs indicados para tratar ^a

Características de los NMMs / Grupos de medidas de control	NMMs en suspensión	NMMs en forma sólida	NMMs embebidos en una matriz o depositados en una superficie	Total de respuestas por tipo de grupos de medidas de control implementadas
Relacionado con el control de la dispersión por aire	45,2 ± 4,8	36,0 ± 4,6	38,4 ± 4,6	63,1 ± 4,6
Confinamiento	23,5 ± 4,0	19,1 ± 3,7	21,6 ± 3,9	32,9 ± 4,5
No/NA	20,5 ± 3,9	13,9 ± 3,9	13,6 ± 3,3	30,6 ± 4,4
Total de respuestas por tipo de características de los NMMs tratados	69,2 ± 4,4	53,9 ± 4,8	54,8 ± 4,8	-

^aNota: los intervalos de confianza (%) se dan como ± error estándar, con 100 (1- α) = 95%.

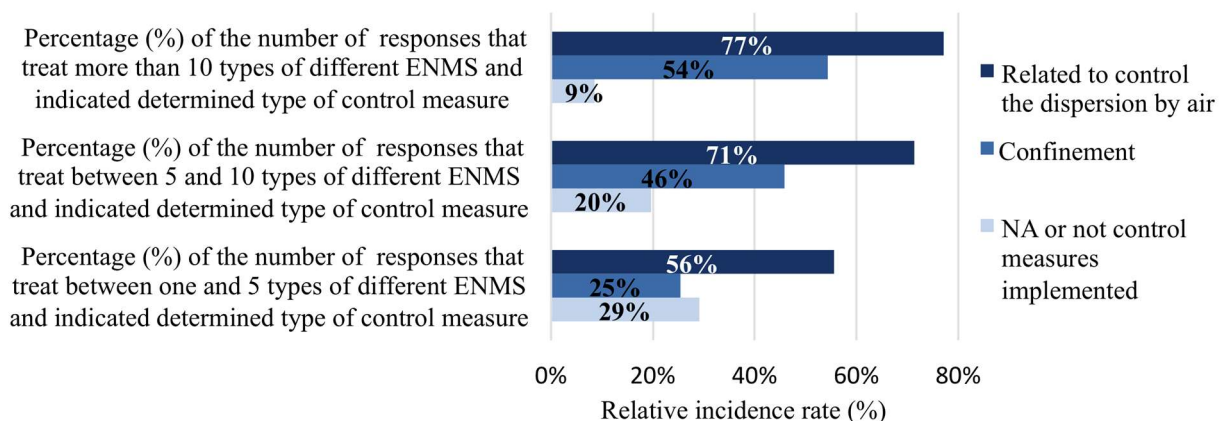
Fuente: Elaboración propia

Muchos encuestados (40,7%, n = 173) recibieron información y capacitación sobre medidas de control, sin embargo, los resultados sugieren que tienen un conocimiento limitado sobre la probabilidad de liberación de NMMs, así como la falta de información sobre qué medidas de control aplicar cuando se trata de NMMs.

Se analizó la relación entre el número de NMMs diferentes utilizados y la implementación de medidas de control para determinar si podría haber una tendencia relevante entre las dos variables, sin considerar las características relacionadas con el peligro, ni los volúmenes de producción. Se observó que existe una relación significativa entre estas variables ($p = 0,002$), como se indica en el test de Pearson χ^2 .

Por otro lado, se estudió la relación potencial entre el número de NMMs utilizados y el tipo de medida de control implementada, calculando la tasa de incidencia relativa. Como se muestra en la Gráfica 6, las respuestas indicaron la presencia de medios de control (dispersión en aire y confinamiento) cuando aumentó el número de NMMs utilizados y existe una mayor ignorancia general sobre las medidas de control implementadas cuando se utiliza un menor tipo de NMMs. Finalmente, la implementación de tipos de medidas de control no está relacionada con la cantidad de horas trabajadas por mes.

Gráfica 6. Tasas de incidencia relativa (%) del número de NMMs diferentes tratados de acuerdo con la presencia de un determinado tipo de medidas de control.



Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Equipos de protección individual (EPI)

Prácticamente todos los encuestados (83,3%, $n = 354$) usan algún tipo de EPI para trabajar con NMMs. Los EPIs descritos por los encuestados se han clasificado en cuatro grupos como se muestra en la Tabla 11: manos, cara y ojos, vías respiratorias y protección corporal. La mayoría de las personas encuestadas indicaron el uso de algún tipo de protección para las manos (92,7%, $n = 394$); Esta es una práctica de laboratorio regular. El uso de algún tipo de protección para la cara y los ojos (73,2%, $n = 311$) y la protección

respiratoria (55,1%, n = 234) se usa en menor medida, mientras que la protección del cuerpo es prácticamente inexistente (24,2%, n = 103), aunque esto ocurre a menudo en los casos en que la cantidad manejada es muy pequeña, aspecto que hace innecesaria esta protección.

Tabla 11. Equipos de protección individual clasificados por grupos y número de respuestas.

Grupo de Equipos de protección individual	Total de respuestas indicando algún tipo de protección	Tipo de protección indicada por el encuestado/a	Frecuencia de respuestas
Protección de manos	394	Guantes de nitrilo	283
		Guantes de látex	227
		Doble guante para exposición prolongada	60
		Guantes de PVC	34
		Guantes de neopreno	7
		Otros	1
Protección de cara y ojos	311	Gafas de seguridad con montura universal	226
		Gafas de seguridad ajustadas	88
		Pantalla facial completa	33
Protección respiratoria	234	Máscara autofiltrante desechable FFP3	186
		Media mascar (buconasal)	45
		Máscara completa	7
		Otras	7
		Máscara completa con equipo de aporte de aire	3
		Máscara autofiltrante desechable FFP2	2
Protección del cuerpo	103	Traje completo de polietileno de alta densidad con capucha y cubre pies	49
		Cubre calzado	49
		Capucha de protección	39
		Traje protector de HDPE sin capucha ni cubre pies	5
		Otros (salvo bata de laboratorio de algodón)	16
		^a Bata de laboratorio de algodón	117

^aNota: las batas de algodón de laboratorio se indican por los encuestados como otro tipo de protección personal, pero en este caso, esta prenda generalmente no se considera como EPI

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la frecuencia de respuestas sobre los tipos de protección para las manos, los guantes de nitrilo son los más comunes. El tipo de protección ocular más utilizado son las gafas de seguridad de montaje universal. En cuanto a la protección de las vías respiratorias, la mayoría de los encuestados utilizan la máscara autofiltrante desechable FFP3. Y por último, la mayoría de los encuestados que usan algún tipo de

protección corporal indicaron la protección completa mediante traje de polietileno de alta densidad (HDPE) con capucha y cubre pies.

Según lo indicado anteriormente, la mayoría de las personas encuestadas indicaron el uso de algún tipo de protección (excepto para el cuerpo). Sin embargo, si las características de los NMMs se tienen en cuenta (en suspensión, en forma sólida o fijados en una matriz o embebidos en una superficie), los trabajadores no eligen la protección de acuerdo con la probabilidad de liberación de los NMMs, a pesar del hecho de que la información y la formación sobre medidas de protección fueron el tema más frecuentemente planteado por los encuestados (43,3%, n = 184).

La Tabla 12 muestra la relación entre el equipo de protección personal y las características de los NMMs manipulados. Por ejemplo, se puede observar que, aunque en general, el 55,1% indicó el uso de algún tipo de protección para las vías respiratorias, independientemente de las características de los NMMs (en suspensión, en forma sólida o fijados en una matriz o embebidos en una superficie), solo el 38,4% de los encuestados que manejaban NMMs en suspensión indicaron usar protección personal para proteger las vías aéreas.

Tabla 12. Relación entre el uso de equipo de protección individual y las características de los NMMs usados que indicaron los encuestados

Grupos de EPIs \ Características de los MMNs	NMMs en suspensión	NMMs en forma sólida	NMMs embebidos en una matriz o depositados en una superficie	Total de respuestas por tipo de EPIs implementados
Protección de manos	60,4 ± 4,6	50,6 ± 4,8	50,6 ± 4,8	92,7 ± 1,2
Protección de cara y ojos	50,4 ± 4,8	38,8 ± 4,7	38,6 ± 4,6	73,2 ± 2,1
Protección respiratoria	38,4 ± 4,6	28,2 ± 4,3	30,6 ± 4,4	55,1 ± 2,4
Protección del cuerpo	17,6 ± 3,6	13,4 ± 3,3	14,1 ± 3,3	24,2 ± 2,0
Ninguna/ NA protección de manos	5,4 ± 2,2	4,5 ± 2,0	5,2 ± 2,1	8,0 ± 2,6
Ninguna /NA protección de cara y ojos	16,7 ± 3,6	13,4 ± 3,3	17,9 ± 3,7	28,0 ± 4,3
Ninguna/NA protección respiratoria	33,2 ± 4,5	21,4 ± 3,9	24,0 ± 4,1	46,8 ± 4,8
Ninguna/NA protección de cuerpo	52,9 ± 4,8	40,9 ± 4,7	35,8 ± 4,6	74,4 ± 4,2
Total de respuestas por tipo de características de los NMMs empleado	69,2 ± 4,4	53,9 ± 4,8	54,8 ± 4,8	-

ªNota: los intervalos de confianza (%) se dan como ± error estándar, con 100 (1-α) = 95%.

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que para la mayoría de los encuestados, el uso de la protección de las manos no depende de las características de los NMMs. El mismo número de encuestados (50,6%) se protegen las manos cuando manipulan NMMs en formas sólidas y con libertad de movimiento que aquellos que manipulan NMMs fijados en una matriz o embebidos en una superficie. Los trabajadores que manejan NMMs en suspensión usan más protección que los demás. En el caso de formas sólidas y con libertad de movimiento, solo algunas de las personas encuestadas usan protección para las vías respiratorias (28,2%), mientras que la mayoría de encuestados que manipulan NMMs fijados en una matriz o embebidos en una superficie eligen usar protección (30,6%).

El uso de protección para el cuerpo es prácticamente inexistente para cualquier tipo de forma en que se manipulen los NMMs, en particular cuando los NMMs tratados son sólidos y con libertad de movimiento (13,4%). Y, finalmente, el uso de EPIs no está relacionado con la cantidad de horas trabajadas por mes, ya que, a pesar de las horas trabajadas, la tasa de incidencia relativa (%) es muy similar en todos los casos.

4.2.5. Cuestiones de Seguridad y Salud

Conocimiento sobre riesgos nanoespecíficos

Solo (31,2%, n = 133) de los trabajadores recibió información y formación sobre los riesgos que plantean los NMMs. Esta falta de información se refleja en los resultados que se muestran en la Tabla 13, donde la mayoría de los encuestados afirmaron que no estaban al tanto del impacto de los NMMs en la salud humana, y que desconocían el riesgo de incendio y explosión.

Si se considera el tipo de organización y la tasa de incidencia relativa, los Organismos Públicos de Investigación es donde la ignorancia sobre los riesgos de salud y / o seguridad prevalente en mayor medida (62,5%), pese a que los encuestados que trabajan en estos centros reciben la tasa más alta de información y formación sobre este materia (35,3%). Tal aspecto revela la percepción de bajo riesgo por parte de las organizaciones.

Tabla 13. Distribución de respuestas (%) sobre el conocimiento de los riesgos nanoespecíficos

		Certeza sobre riesgos para la seguridad		Certeza sobre riesgos en la salud	
		Si	No o N/A	Si	No o N/A
General		10,6 ± 2,9	89,4 ± 2,9	44,5 ± 4,7	55,5 ± 4,7
Medidas de control	Si	8,0 ± 2,6	61,4 ± 4,6	32,5 ± 4,5	36,9 ± 4,6
	No o N/A	2,6 ± 1,5	28,0 ± 4,3	12,0 ± 3,1	18,6 ± 3,7
Control administrativo	Si	10,4 ± 2,9	81,6 ± 3,7	42,1 ± 4,7	49,9 ± 4,8
	No o N/A	0,2 ± 0,5	7,8 ± 2,6	2,4 ± 1,4	5,6 ± 2,2
Uso de EPIs	Si	8,5 ± 2,7	74,8 ± 4,1	36,5 ± 4,6	46,8 ± 4,8
	No o N/A	2,1 ± 1,4	14,6 ± 3,4	8,0 ± 2,6	8,7 ± 2,7
Tratamiento de residuos que contienen NMMs	Si (Peligroso)	5,9 ± 2,2	45,9 ± 4,8	25,2 ± 4,1	26,6 ± 4,2
	No (Peligrosos)	3,1 ± 1,6	22,1 ± 4,0	11,5 ± 3,0	13,6 ± 3,3
	N/A o no hay generación del residuo,	2,4 ± 1,4	23,5 ± 4,0	9,2 ± 2,8	16,7 ± 3,6

^aNota: los intervalos de confianza (%) se dan como ± error estándar, con 100 (1- α) = 95%.

Fuente: Elaboración propia

La implementación de las medidas de control, el desempeño de las buenas prácticas y el uso de EPIs no parecen implicar una mayor conciencia acerca de los riesgos de salud y seguridad, de hecho, como se muestra en la Tabla 13, la mayoría de los trabajadores que respondieron afirmativamente sobre estas cuestiones tienden a ignorar los riesgos de Seguridad y Salud nanoespecíficos en mayor grado. Con respecto al tratamiento de los residuos con NMMs, la mayoría los trata como residuos peligrosos sin tener en cuenta los potenciales riesgos para la salud.

Con respecto a las creencias sobre los riesgos nanoespecíficos en la de salud, utilizando el test exacto de Fisher χ^2 , se observó que la certeza de la existencia de un riesgo tiene una relación significativa con el uso de TiO₂ y Ti ($p = 0,016$), CNT ($p = 0,021$), Fe ($p = 0,031$), CeO₂ ($p = 0,0338$), compuestos orgánicos ($p = 0,041$), polímeros no poliestireno ($p = 0,042$), Ag ($p = 0,043$) y ZnO ($p = 0,045$). El análisis del odds ratio subraya que el uso de nanopartículas de óxido de cerio (CeO₂) duplica la probabilidad de tener certeza de la existencia de nanorriesgos. Estos resultados podrían apuntar al conocimiento específico obtenido por los propios trabajadores o la disponibilidad de FDS donde se indican los riesgos específicos para la salud de los NMMs.

4.2.6. Evaluación de riesgos, monitorización de la exposición, vigilancia de salud y accidentes

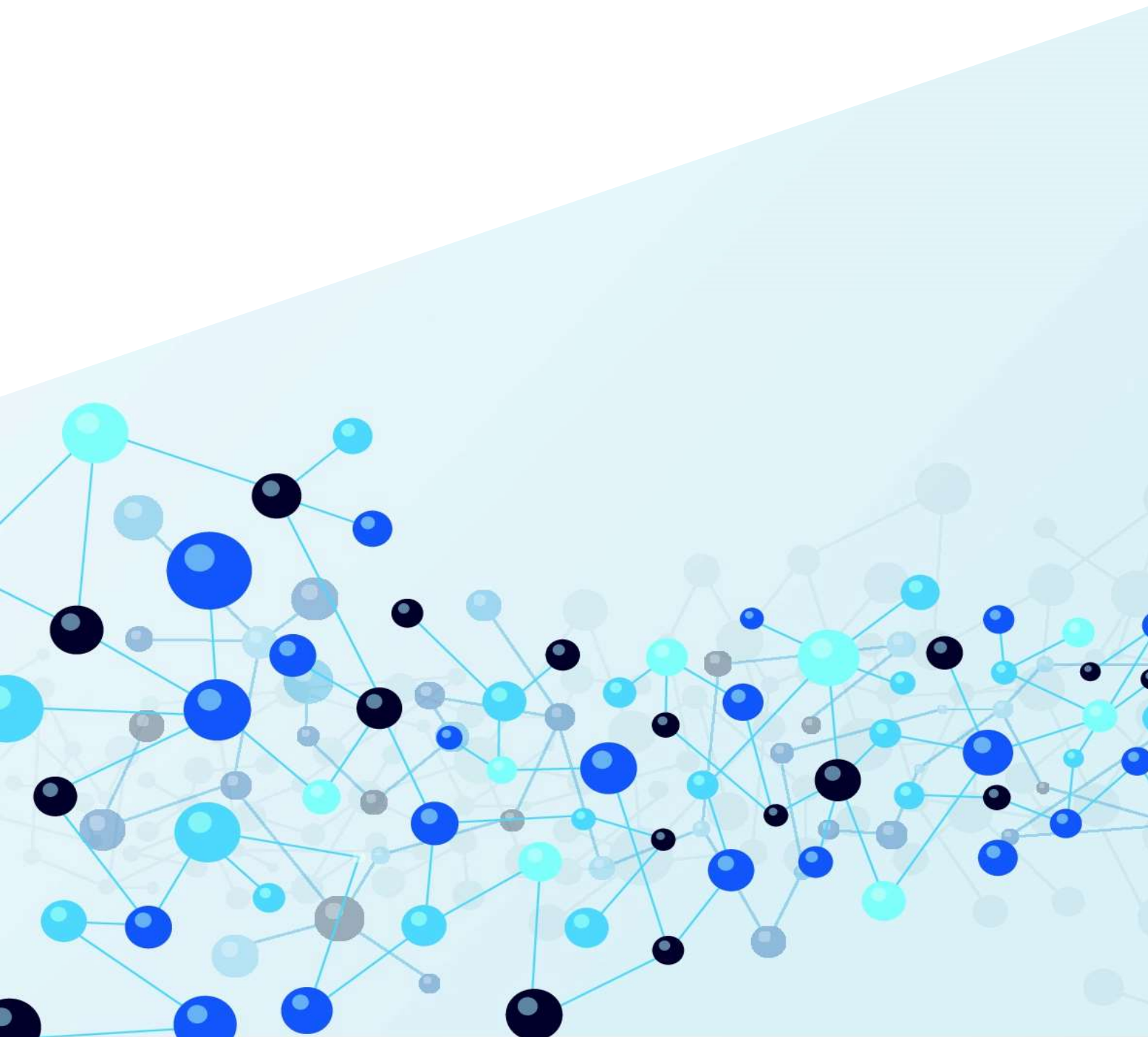
Casi a ninguno de los encuestados le constaba que se tuviera en cuenta en la evaluación de riesgos, el riesgo por exposición a NMMs (91,5%, n = 389), así como la realización de campañas de medida de los niveles de exposición (95,8%, n = 407). Las dos variables están significativamente relacionadas entre sí, como se indica en el test exacto de Fisher χ^2 ($p = 0,000$). Esto se debe a que el control de la exposición se lleva a cabo inevitablemente en el proceso de evaluación de los nanorriesgos. Es importante monitorizar los niveles de NMMs porque esto permitirá a los agentes encargados de la toma de decisiones a identificar si la exposición potencial ocurre cuando los trabajadores hacen su trabajo, como es el caso de las operaciones de pesada en balanza. Las mediciones de exposición deben llevarse a cabo durante la actividad que se evalúa, considerando escenarios reales y, por lo tanto, incluyendo el uso de NMMs y otros productos químicos de interés.

Con respecto a la incidencia de accidentes en el trabajo relacionados con el uso de NMMs, casi ninguno de los encuestados tiene certeza de ello (94,6%, n = 402). Se ha encontrado un vínculo significativo entre las evaluaciones de riesgo teniendo en cuenta los nanorriesgos y la certeza de los accidentes ($p = 0,002$), como lo indica el test exacto de Fisher χ^2 . Esta asociación podría deberse al hecho de que los trabajadores que son conscientes de la consideración de los nanorriesgos en las evaluaciones de riesgo pueden identificar fácilmente los accidentes que ocurrieron en sus lugares de trabajo con los NMMs y no con otros tipos de riesgos.

Por otro lado, aunque se esperaba la ausencia de la realización de protocolos de vigilancia de la salud, debido a la falta actual de regulación, se debe indicar que existe indicios que señalan de que se realizan (16,7%, n = 71). Al mismo tiempo, el desempeño de campañas de monitoreo está relacionada con la realización de una vigilancia específica de salud ($p = 0,001$). Estas relaciones y asociaciones se justifican porque una organización, si es consciente de los nanorriesgos, querría cuantificar la exposición a los NMMs a través de la monitorización y controlar la salud de sus trabajadores a través de una prueba específica o un examen médico. Se ha encontrado también relación entre la realización de una vigilancia específica de la salud y la realización de evaluaciones de riesgo considerando nanorriesgo ($p = 0,000$). Esto se debe a que, como consecuencia de la exposición a los NMM, los trabajadores deben someterse a controles de salud específicos.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COORDINADORES DE SEGURIDAD Y SALUD SOBRE NMMs



5. EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COORDINADORES DE SEGURIDAD Y SALUD SOBRE NMMs

5.1. ANTECEDENTES

Tal y como se remarca en la presente memoria, a pesar de los beneficios de la aplicación de NMMs en los materiales de construcción, existe todavía hoy un alto grado de incertidumbre sobre su potencial impacto en la salud. A este respecto, existe una clara brecha entre el progreso tecnológico y la investigación científica en seguridad de NMMs, siendo necesario promover nuevos estudios para dilucidar los posibles efectos nocivos de la nanotecnología en la salud. En opinión de los expertos, se estima un retraso de al menos 20 años en el conocimiento de los riesgos de la nanotecnología, esperándose incluso un aumento de la misma en los próximos años (European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2014).

La exposición a NMMs en el sector de la construcción en España se considera también como un riesgo emergente (Fundación Prevent, 2012, Sanz, 2013), siendo el país con el mayor número de personas empleadas en este sector en el territorio de la UE y Noruega (Eurostat, 2010). Además, los riesgos asociados a sustancias nocivas o los productos tóxicos han sido tradicionalmente menos estudiados en el sector de la construcción que en otros sectores (INSST, 2007).

Para enfrentarse a este riesgo emergente, las principales agentes con conocimiento clave en el proceso de construcción desde la perspectiva de la Seguridad y Salud ocupacional en el trabajo son los Coordinadores de Seguridad y Salud en la etapa de planificación del proyecto (CSP) y durante la ejecución de la obra (CSE).

La gestión de la Prevención de Riesgos laborales es por tanto fundamental para garantizar la salud de los trabajadores en las obras de construcción. Para tal fin, el Estudio y/o Estudio básico y/o Plan de Seguridad y Salud, (en adelante documentos de la Seguridad y Salud de obra) son los que documentan la planificación de la actividad preventiva, incluyendo la identificación de áreas problemáticas, y las tareas de coordinación, control y dirección de las actividades de seguridad.

En el caso de España, es necesario distinguir entre Estudio y Estudio Básico⁶ de Seguridad y Salud. En primer lugar, éstos, en caso de existir la figura del CSP, sería

⁶ Se hará Estudio cuando se de alguno de estos supuestos: 1. Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior 450.759,08 €. 2. Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente. 3. Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los

elaborados por éste mismo. En estos documentos se identifican los riesgos laborales y medidas de prevención y protección necesarias. En segundo lugar, el Plan de Seguridad y Salud, donde se analiza, estudia, desarrolla y complementa las previsiones contenidas en el Estudio de Salud y Seguridad o el Estudio Básico de Seguridad y Salud según el sistema de ejecución del trabajo del contratista. En este caso, el CSE aprueba el Plan elaborado por cada contratista antes de que comiencen las obras, así como cualquier ajuste necesario. Para este cometido, si no se requiere un CSP o un CSE, la Dirección Facultativa llevará a cabo sus funciones (Council of the European Union, 1992, Martínez-Aires et al., 2016, Ministerio de la Presidencia, 1997).

Cabe señalar que los CSSs deben ser arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros o ingenieros técnicos (Ley 38/1999, (Jefatura del Estado, 1999)) con formación especializada en Prevención de Riesgos Laborales (INSST, 2012).

A pesar de la incertidumbre sobre cómo gestionar un nuevo riesgo emergente, como es el caso de la nanotecnología, los documentos de Seguridad y Salud de la obra anteriormente son la clave para eliminar o reducir los riesgos potenciales planteados por la exposición a los NMMs cuando se utilizan productos aditivados con NMMs en construcción.

Siguiendo la jerarquía de medios de control de la higiene industrial tradicional, cuando los enfoques de la eliminación o la sustitución no son posibles, los CSSs pueden seguir recomendaciones y directrices sobre las medidas básicas clave más adecuadas tales como medios técnicos, buenas prácticas de trabajo y equipos de protección individual (BAuA, 2014, INSST, 2015; Scaffold, 2015)

Además, para llevar a cabo sus funciones, los CSSs tienen instrumentos disponibles para comunicar y reportar información útil en materia preventiva y riesgos químicos, incluidas las etiquetas de seguridad de producto y las FDS. Con respecto al etiquetado, los métodos actuales de clasificación de peligros requeridos por el reglamento para la Clasificación, Etiquetado y Envasado de Sustancias y Mezclas Químicas (CLP) no son apropiados para los NMMs y/o nanoformas, aunque las autoridades competentes están trabajando actualmente para resolver tal aspecto (Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2017). Además, no existen disposiciones específicas para los productos de construcción, como sí es el caso de productos biocidas,

días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500. 4. Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

cosméticos, aditivos alimentarios o dispositivos médicos (Karin Aschberger et al., 2014), donde sí se identifican los NMMs.

Respecto a las fichas de datos de seguridad, aunque existen recomendaciones para el caso específico de los NMMs (European Chemicals Agency, 2015, Aschberger et al., 2013, Kim and Yu, 2016, Lee et al., 2013), así como de FDS para productos utilizados en construcción que contienen NMMs (Väänänen et al., 2014, Van Broekhuizen and Van Broekhuizen, 2009), éstas carecen todavía de información sobre datos de seguridad relevantes para el caso de los componentes en nanoforma.

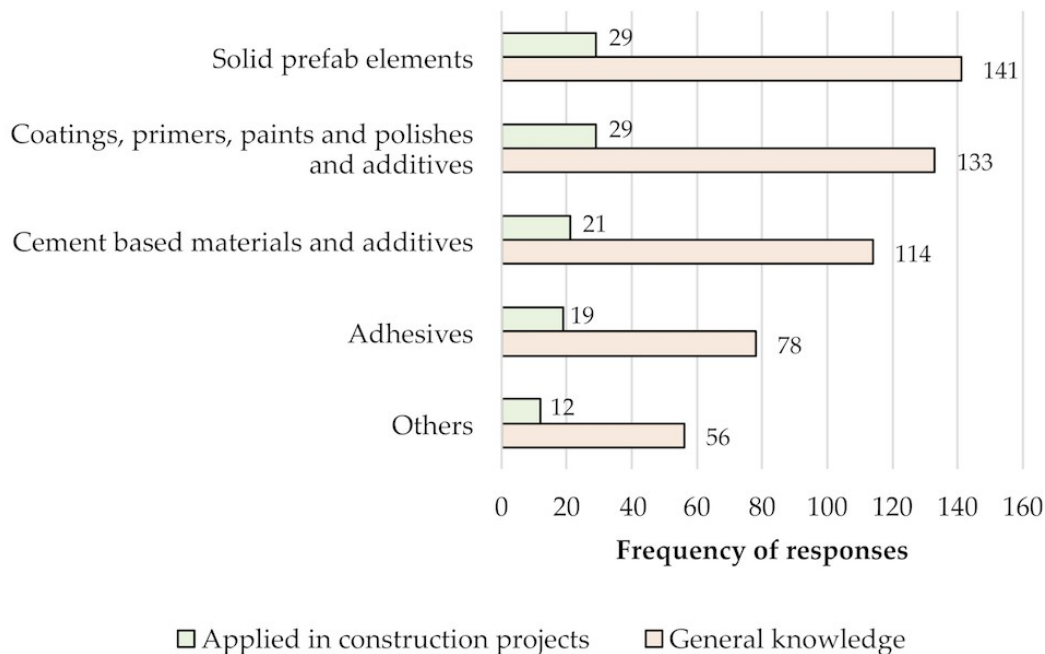
5.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO

Los resultados de la encuesta relativa a la conciencia de los riesgos nanoespecíficos, su identificación o evaluación en los documentos de Seguridad y Salud de la obra, así como el conocimiento sobre operaciones habituales con nanoprodutos se describen a continuación.

En base a las respuestas analizadas, los productos basados en nanotecnología son conocidos por la mayoría de los CSSs encuestados (71%). Esto contrasta con los resultados de otras investigaciones que mostraron que la mayoría de los participantes en el proceso de construcción no conocían las aplicaciones de la nanotecnología en construcción (Gibson et al., 2012, Mann, 2006, Teizer et al., 2012, Van Broekhuizen and Van Broekhuizen, 2009, West et al., 2016).

En relación a las categorías de nanoprodutos sobre las que habían oído hablar los encuestados, la aplicación más popular de acuerdo con las respuestas recibidas correspondió a *elemento solido prefabricado*, seguido de *recubrimientos*, *imprimaciones*, *pinturas* y *abrillantadores y aditivos* (ver Gráfica 7). Se añadió además la categoría *otros*, donde los aditivos para asfalto fueron indicados por el 20% de los participantes.

Gráfica 7. Tipos de nanoproductos reconocidos por los CSSs frente a su aplicación en obras de construcción.

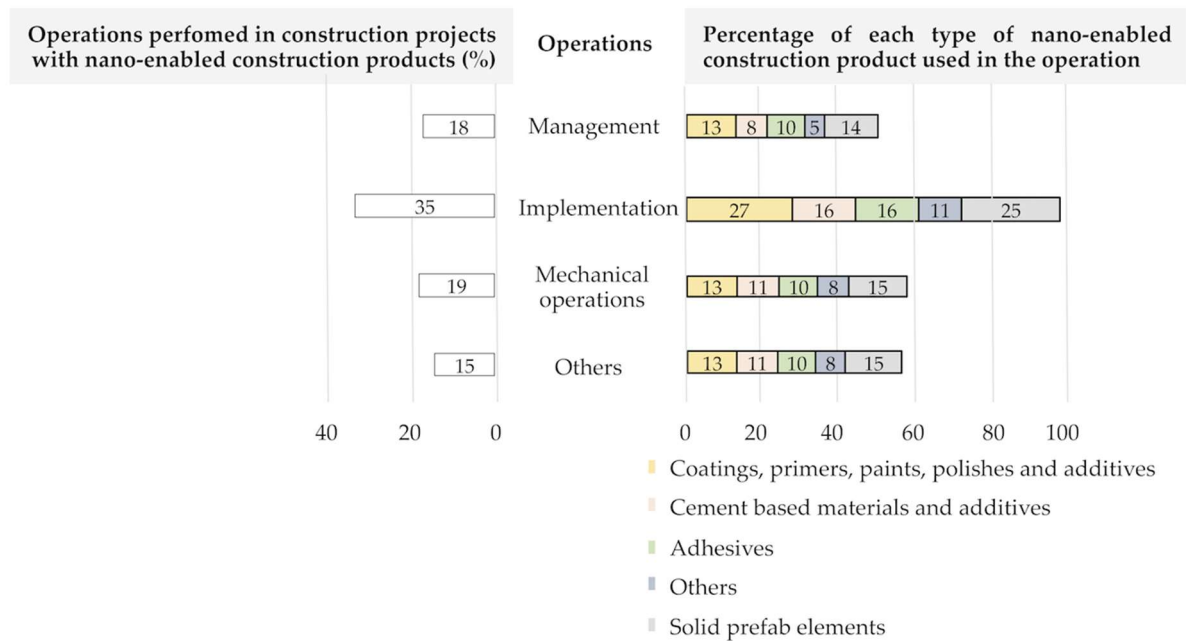


Fuente: Elaboración propia

Además de lo anterior, cuando se les preguntó a los CSSs sobre el uso de nanoproductos en sus proyectos de construcción, los resultados mostraron que muy pocos de estos productos se utilizaban en obra. En este sentido, sólo el 17% de los encuestados declaró la aplicación de nanoproductos en los proyectos de construcción donde habían participado.

La mayoría de los nanoproductos utilizados en proyectos de construcción se clasificaron en la categoría de *elementos prefabricados sólidos* y con el mismo número de respuestas, en la categoría *recubrimientos, imprimaciones, pinturas y abrillantadores y aditivos*, como se muestra en la Gráfica 7.

Gráfica 8. Operaciones realizadas en obras de construcción con nanoprodutos.

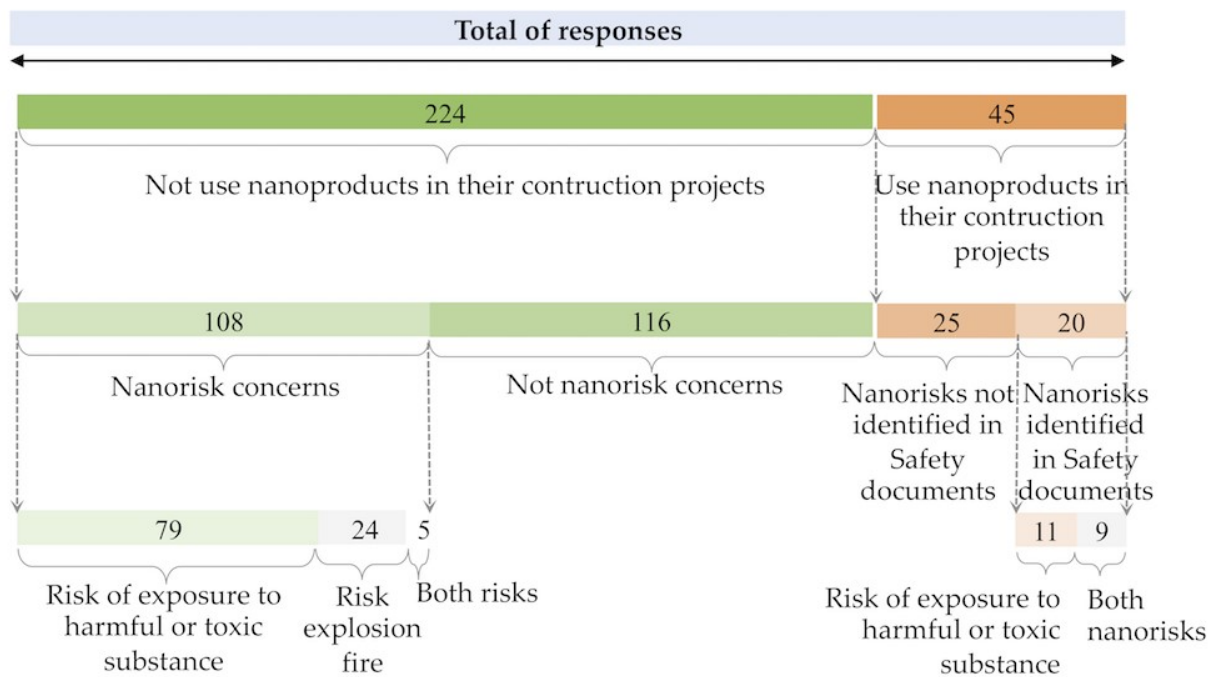


Fuente: Elaboración propia

La Gráfica 8 muestra el porcentaje de cada tipo de nanoproduto utilizado en las diferentes operaciones definidas en obras de construcción. La operación más importante fue la categoría *implementación*, donde el grupo de *recubrimientos, imprimaciones, pinturas, abrillantadores y aditivos* fue el más utilizado (hasta un 27%). En el resto de las operaciones, *gestión*, *operaciones mecánicas* y *otros*, el grupo más frecuentemente reportado fue *elemento prefabricado sólido*.

Por otro lado, como se indica en la Gráfica 9 solo algunos de los participantes indicaron el uso de nanoprodutos de construcción en proyectos donde estuvieron involucrados. Además, la mayoría de ellos indicaron que los riesgos nanoespecíficos no estaban incluidos en el estudio básico o Estudio de Seguridad y Salud o en el Plan de Seguridad y Salud.

Gráfica 9. Sensibilización e identificación de potenciales nanorriesgos en documentos de Seguridad y Salud de la obra.



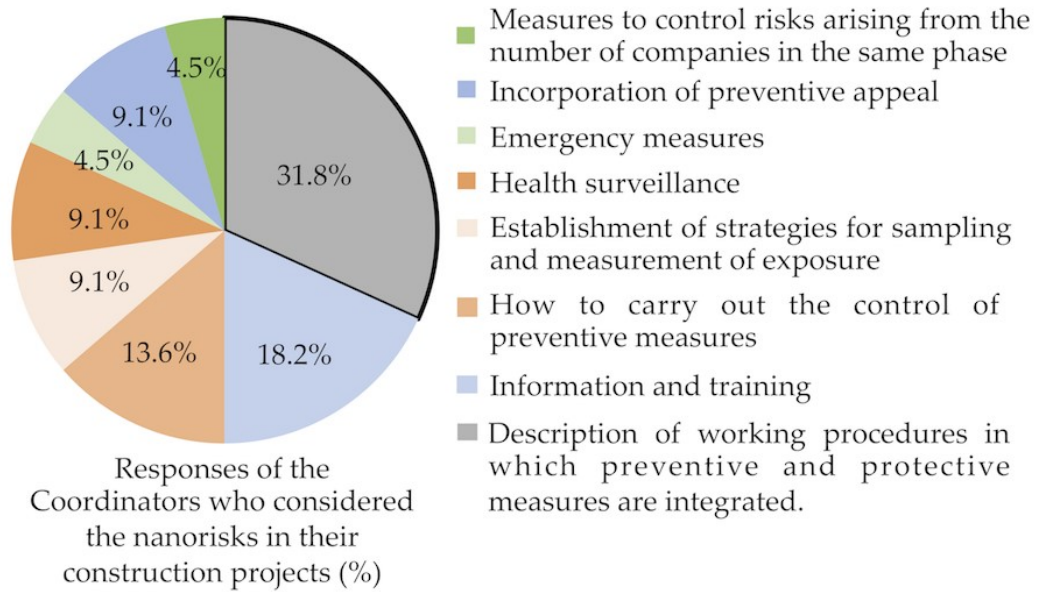
Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, se pidió a los CSSs que no usaban nanoproductos en su proyecto, sobre su conocimiento acerca de riesgos nanoespecíficos, y los resultados fueron similares: la mayoría no conocía este tipo de riesgo.

El riesgo potencial de los NMMs para la salud humana se mencionó en mayor medida en los documentos de Seguridad y Salud de obra, que el riesgo de incendio y explosión derivado del uso de NMMs. La misma situación se encontró en los encuestados que no utilizan nanoproductos en construcción.

Respecto a los aspectos señalados por los CSSs en documentos de Seguridad y Salud de obra, en lo relativo a la gestión de la prevención de los riesgos nanoespecíficos, la Gráfica 10 muestra los diferentes problemas específicos de salud y seguridad relacionados con el uso de NMMs que se manifiestan en la documentación.

Gráfica 10. Aspectos específicos de Seguridad y Salud incluidos en la planificación, organización y control de actividades donde los nanoproductos son utilizados.

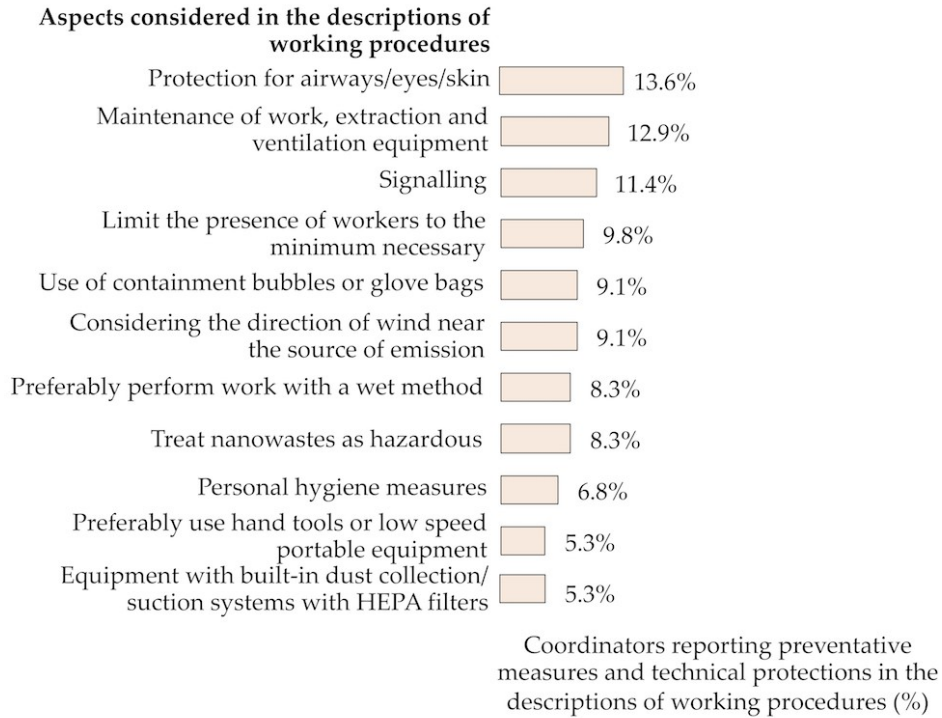


Fuente: Elaboración propia

El aspecto más frecuentemente anotado fue la descripción de los procedimientos de trabajo con las medidas preventivas y de protección integradas. Además, cabe destacar que a algunos de los encuestados les constaba que se hiciera un protocolo específico por exposición a NMMs (vigilancia de salud), pese a no ser obligatorios. Sin embargo, las medidas para controlar los riesgos derivados de la Coordinación de Actividades Empresariales era prácticamente ausentes.

Además, las diferentes medidas de prevención y protección específicas que los CSSs indicaron que aparecían en los documentos de Seguridad y Salud de obra, se muestran en la Gráfica 11. Se puede observar que el uso de equipos de protección personal (EPI) fue el aspecto más comúnmente abordado al definir los procedimientos de trabajo donde se utilizan nanoproductos.

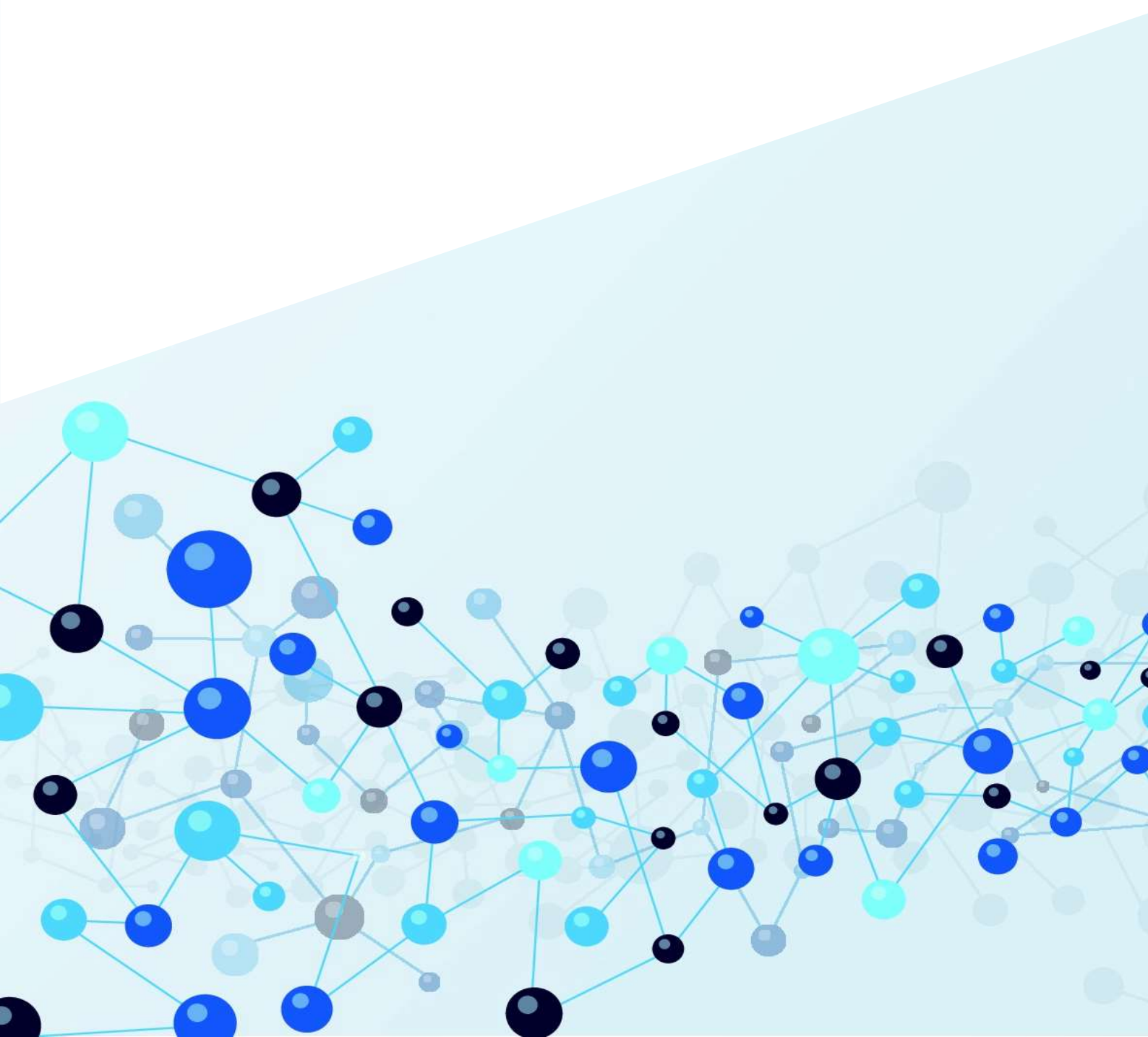
Gráfica 11. Aspectos identificados en la descripción de los procedimientos de trabajo: medidas de prevención y protección.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO DE PRODUCTOS ADITIVADOS CON NMMS EN CONSTRUCCIÓN



6. EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO DE PRODUCTOS ADITIVADOS CON NMMs EN CONSTRUCCIÓN

6.1. ANTECEDENTES

Productos como las pinturas, lacas, disolventes, adhesivos o la sílice cristalina, son solo algunos ejemplos de los productos químicos a las que los trabajadores del sector de la construcción pueden estar expuestos en el lugar de trabajo en el transcurso de su actividad profesional (International Labour Organization, 2013).

Además de los productos comúnmente aplicados, los nanoproduitos, entendidos como productos formulados con NMMs, constituyen un nuevo riesgo potencial para la salud de los trabajadores. El entendimiento de los peligros potenciales de los NMMs ha sido testigo de una explosión en la última década y se ha convertido en uno de los temas clave en nanotecnología. A este respecto, garantizar el uso responsable y seguro de los NMMs en toda la cadena de valor de los procesos y tecnologías de innovación industrial es clave para asegurar su viabilidad futura.

La evaluación de los riesgos asociados con el uso de NMMs en construcción requiere una perspectiva del ciclo de vida completo ya que las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de los NMMs pueden variar drásticamente en función de la matriz en la que se encuentran embebidos (Sotiriou et al., 2015). A este respecto, las aplicaciones que conllevan el manejo de materiales en forma de polvo o dispersos en líquidos son susceptibles de emitir al ambiente material particulado o aerosoles, mientras que las aplicaciones que implican abrasión o desgaste de las matrices que incorporan NMMs, como por ejemplo el lijado de materiales nanocompuestos, aumenta el potencial de liberación de NMMs (Baron, 2015)

Estudios recientes destacan la falta de conocimientos sobre la nanotecnología y sus aplicaciones por parte de los distintos agentes del sector (Gibson et al., 2012, Mann, 2006, Teizer et al., 2012, Van Broekhuizen and Van Broekhuizen, 2009, West et al., 2016). Además de ello, resulta difícil identificar aquellos productos que se basan realmente en la nanotecnología y están disponibles, considerando el hecho de que muchos productos prometedores se publicitan sin encontrarse disponibles en el mercado (Jones et al., 2016) y que algunos productos, pese a publicitarse como *nanoproduitos*, no se presentan NMMs en su formulación (Foss Hansen et al., 2016).

Añadido a lo anterior, la existencia de múltiples definiciones de *nano* en la legislación europea según el tipo de NMMs y la aplicación o el sector industrial al que se dirigen dificultan más si cabe la identificación de estos nanoproducidos en el sector (Musazzi et al., 2017)

6.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO

6.2.1. Peligros potenciales derivados de la adición de MNNs en productos de construcción






Los hallazgos presentados en esta sección se basan en la revisión de 143 FDS recopiladas de un total de 352 nanoproducidos de construcción identificados. Estas FDS han sido agrupadas en 6 grupos definidos en base las Frases de peligro incluidas en la sección 2 de las FDS y considerando los usos previstos de cada uno de los nanoproducidos en obras de construcción. Las categorías definidas son las siguientes: 1) irritantes de piel y/o ojos, 2) productos inflamables, 3) carcinógenos, 4) tóxicos, 5) no peligrosos, y 6) otros.

La Tabla 14 proporciona información sobre los tipos de NMMs que se utilizan en los nanoproducidos asignados a cada categoría de peligro, así como información sobre la presencia de NMMs en el listado de componentes presente en la FDS, la consideración de procedimientos y recomendaciones de manipulación y almacenamiento específico, o la consideración de aspectos nanoespecíficos sobre valores límite exposición y medidas de gestión de riesgo recomendadas.

El análisis de la información denota que 30% de los productos se clasificaron como *inflamables*, correspondiéndose con recubrimientos y pinturas en base solvente formulados con NMMs y que son comercializados en forma de aerosoles. Los productos irritantes para la piel y los ojos representan el 34% de los productos, todos ellos incluidos en las categorías *productos cementosos* o *recubrimientos*, *imprimaciones*, *pinturas*, *pulidores* y *aditivos*.

La presencia de productos carcinógenos también es de interés, alcanzando el 8% de los productos analizados. El estudio en detalle de sus FDS revela que el perfil carcinogénico se debe principalmente a la presencia de tricloroetileno o diclorometano en productos de la categoría *recubrimientos*, *imprimaciones*, *pinturas*, *pulidores* y *aditivos*, y en particular en los recubrimientos de base solvente.

Tabla 14. Información general y nano-específica analizada en las FDS

FDS analizadas		Información general		Información nanoespecífica			
Grupos	Nº (% del total)	Categoría de peligro	Pictogramas indicados	Uso de NMMs en nanoproductos de construcción ^a	NMMs incluidos como ingredientes en la composición ^b	Manipulación y almacenamiento ^b	Control de exposición / Protección personal ^b
1	49 (34%)	Irritantes de piel y ojos		ZnO, TiO ₂ , Sílice amorfa, Al ₂ O ₃ , y CNTs	5 (10 %)	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Referencia a NMMs en 3 productos (6%)
2	43 (30%)	Productos inflamables		TiO ₂ , Óxido de estaño CuO, ZnO, AL y CNTs	11 (25%)	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Referencia a NMMs en un producto (6%)
3	11 (8%)	Carcinógeno		Óxido de hierro y Al ₂ O ₃	No incluidos	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Referencia a NMMs en un producto (9%)
4	1 (1%)	Tóxico		NMMs no especificados	No incluidos	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Consejos nanoespecíficos no incluidos
5	27 (19%)	No peligroso	No aplicable	NMMs no especificados	9 (33%)	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Referencia a NMMs en un producto (4%)
6	12 (8%)	Otros: corrosivo, comburente o peligros para el medio ambiente		TiO ₂ , SiO ₂ y Nano-Cuarzo	No incluidos	Consejos nanoespecíficos no incluidos	Consejos nanoespecíficos no incluidos

^a Datos recopilados de inventarios on-line de nanoproductos, folletos comerciales disponibles y fichas técnicas.

^b Información recopilada de las FDS recopiladas

Cabe mencionar que hasta un 27% de los productos analizados no incluye declaraciones de peligro, siendo clasificados como no peligrosos. La última categoría otros, incluye una variedad de productos que pueden causar efectos adversos en el

medio ambiente acuático o ser corrosivo para los metales. También se encontró un producto oxidante en esta categoría.

La información incluida en la columna *NMMs como ingrediente detallado en la composición* se refiere a la presencia del número CAS o el nombre del NMM presente en el producto en la lista de ingredientes incluida en la sección 3. Cuando la presencia de NMMs no se refleja en la lista de componentes de la sección 3, la relación potencial entre el perfil de peligro del producto y la presencia de NMMs queda excluida.

La información incluida en las columnas *manejo y almacenamiento* y *control de exposición / protección personal* se refiere a la presencia en la ficha de seguridad de valores límite de exposición referidos a un NMM o a la consideración de cualquier precaución nanoespecífica para una manipulación y almacenamiento seguro.

Un aspecto importante a destacar es que únicamente un 6% de las FDSs consultadas hacen referencia a la presencia de los NMMs declarados por el fabricante. Tal aspecto puede atribuirse a la clasificación de los NMMs como no peligrosos o al bajo porcentaje utilizado en la formulación del producto (<1%).

Las observaciones destacadas anteriormente no proporcionaron información suficiente para concluir si la incorporación de nanomateriales como los óxidos metálicos o los nanotubos de carbono modifican el perfil toxicológico del producto, siendo por tanto difícil responder a la pregunta de si la incorporación de NMMs genera o no nuevos peligros. Ello es debido fundamentalmente a la falta de información sobre la presencia de NMMs en los productos comercializados que afirman estar basados en nanotecnología, así como la limitada disponibilidad de datos publicados sobre la toxicidad de los NMMs incorporados por los fabricantes de nanoprodutos, aspecto este último que complica aún más la situación.

6.2.2. Usos representativos de NMMs

Con respecto al potencial de exposición, la Tabla 15 contiene información sobre el potencial de exposición estimado durante los usos más representativos de los nanoprodutos estudiados en marco de esta investigación. Las actividades en obra se clasificaron como *gestión* (recepción, mezcla y preparación del material, etc.), *implementación* (aplicación o pulverización de pinturas, recubrimientos, aislamiento o productos de impermeabilización, etc.) y *operaciones mecánicas* (corte, lijado, taladrado, demolición, etc.).

Las vías de exposición consideradas fueron la vía inhalatoria y la dérmica, considerándose la vía oral como despreciable fruto de la aplicación de buenas prácticas de higiene.

La probabilidad de exposición se dividió en diversas categorías, desde baja a muy alta, según información recogida en publicaciones actuales sobre el potencial de exposición para NMMs y partículas durante operaciones en obras de construcción (Kumar et al., 2012, Scaffold, 2015).

Como se puede derivar de esta tabla, a pesar de la falta de información cuantitativa sobre los niveles de exposición, operaciones mecánicas como taladrado, molienda, corte y pulido de hormigón dopado con NMMs tienen un alto potencial para generar cantidades considerables de polvo en el aire, donde los NMMs podrían estar presentes de forma de partículas individuales dispersas, unidas a partículas más grandes, o como aglomerados/agregados con tamaños por encima de 100 nm. Además, la pulverización de pinturas formuladas con NMMs tienen un alto potencial de emisión de cantidades considerables de nanopartículas en el aire. Finalmente, con respecto a los elementos sólidos prefabricados, solo las operaciones mecánicas implican un alto riesgo de exposición.

El análisis del modo de uso y la información disponible sobre la aplicación de los productos indica que la inhalación es la ruta principal de exposición para muchos escenarios ocupacionales.

Tabla 15. Exposición potencial a NMMs estimada en operaciones habituales

Nanoproductos y NMMs incorporados ^a	Exposición prevista			
		Forma de liberación	Ruta de exposición	Potencial de exposición
Materiales cementosos y aditivos	Mezcla de morteros en pequeños recipientes	Partículas finas / ultrafinas Nanopartículas en suspensión	Inhalación Dérmica	Medio- Alta
TiO ₂ SiO ₂ Al ₂ O ₃ CNTs	Mezcla de cemento fresco	Partículas finas / ultrafinas Nanopartículas en suspensión Aglomerados / Agregados > 100 nm NMMs adosadas a partículas de mayor tamaño PM2.5 – PM10	Inhalación Dérmica	Alta
	Aplicación de mortero	Aglomerados / Agregados >1 µm NMMs adosadas a partículas de mayor tamaño (>100nm) NMMs dispersas en medio líquido pastoso	Inhalación	Baja
	Perforación, molienda y corte	Partículas finas / ultrafinas Nanopartículas en suspensión Aglomerados / Agregados > 100 nm NMMs adosadas a partículas de mayor tamaño PM2.5 – PM10	Inhalación Dérmica	Muy Alta
	Raspado	Limitada liberación de NMMs disociados Aglomerados / Agregados >1 µm PM2.5 – PM10	Inhalación	Media
	Pulido	Aglomerados / Agregados >1 µm NMMs adosadas a partículas de mayor tamaño (>100) PM2.5 – PM10	Inhalación	Muy Alta
Recubrimientos, imprimaciones, pinturas, pulimentos y aditivos	Operaciones de mezcla, llenado y transferencia (espray / rodillo)	Gotas de aerosol líquido >1µm Gotas del material matriz > 1 µm	Inhalación Dérmica	Baja
TiO ₂ SiO ₂	Esprayado / pulverización	Gotas de aerosol conteniendo NMMs <100 nm Gotas del material matriz <100 nm Nanopartículas en suspensión	Inhalación	Muy Alta
Ag Fe ₃ O ₄ Al ₂ O ₃ CNTs	Aplicación del recubrimiento (pincel o rodillo)	Gotas de aerosol conteniendo NMMs >10 µm Gotas del material matriz >10 µm	Dérmica	Baja
ZnO WO ₃	Manoplas de pintura	Gotas de aerosol conteniendo NMMs >10 µm Gotas del material matriz >10 µm	Dérmica	Baja – media
	Acabado de suelos (pulimentos)	Partículas finas / ultrafinas Aglomerados / Agregados > 1 µm PM2.5 – PM10	Inhalación	Medio – alta
Adhesivos TiO ₂ SiO ₂	Operaciones de mezcla	Gotas de aerosol conteniendo NMMs >10 µm Gotas del material matriz >10 µm	Dermal	Baja - media
	Aplicación	Gotas de aerosol conteniendo NMMs >10 µm Gotas del material matriz >10 µm	Dermal	Baja – media
Elementos sólidos prefabricados aditivados con NMMs TiO ₂ , ZnO CNTs	Recepción	No prevista		
	Perforación, molienda y corte	Partículas finas / ultrafinas Aglomerados / Agregados > 1 µm NMMs adosadas a partículas de mayor tamaño PM2.5 – PM10	Inhalación Dérmica	Muy alta

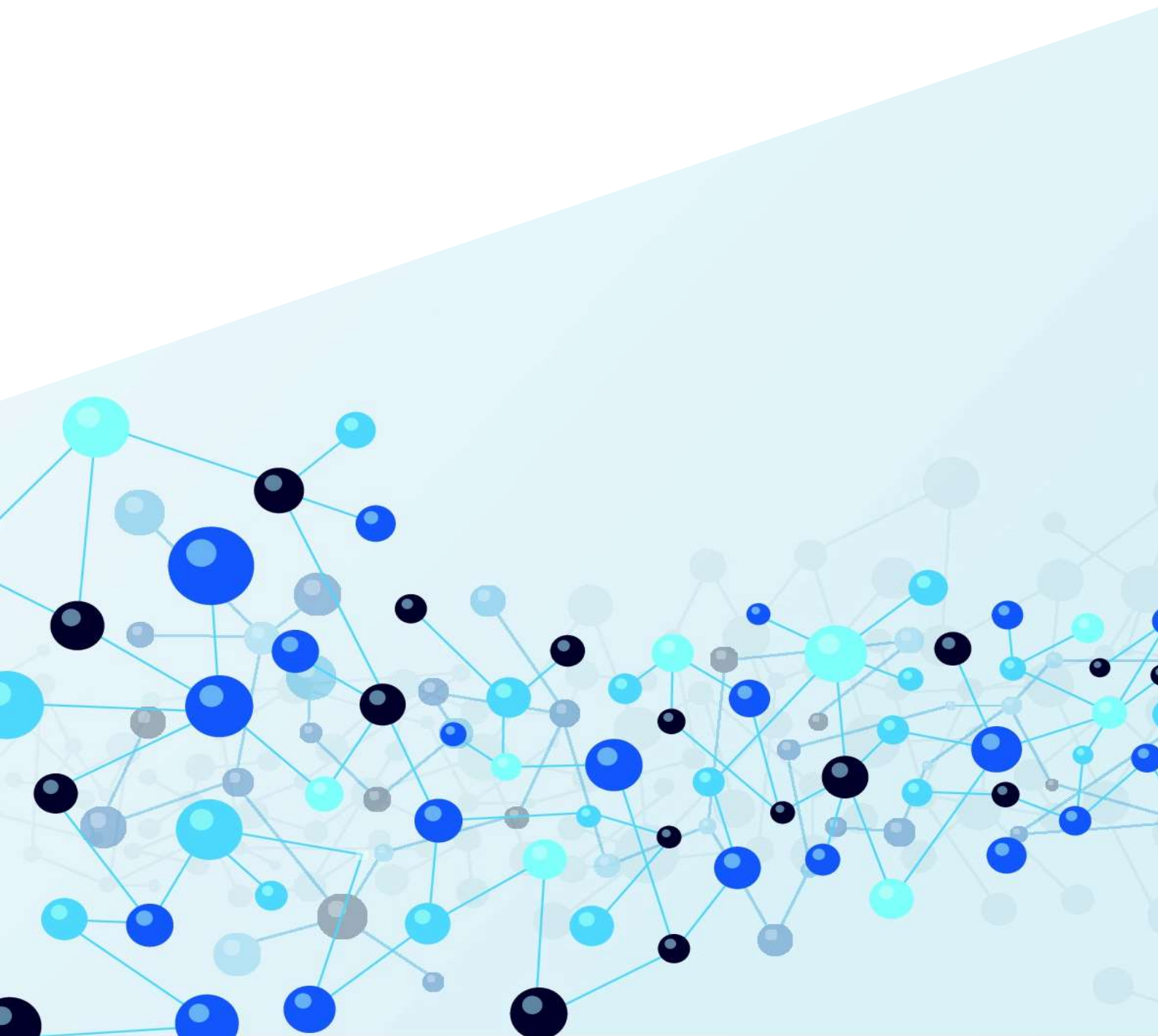
Usos representativos

Operaciones	Operaciones mecánicas	Gestión	Implementación
-------------	-----------------------	---------	----------------

^a Datos recopilados de inventarios on-line de nanoproductos, folletos comerciales y fichas técnicas

CAPÍTULO 7

ESTUDIOS DE CASO: ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A NMMs



7. ESTUDIOS DE CASO: ANÁLISIS DE LA EXPOSICIÓN A NMMs

7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS ANALIZADOS.

En este capítulo se presentan dos estudios de caso, que corresponden a la evaluación cualitativa del riesgo y caracterización cuantitativa de los niveles de exposición durante la realización de tareas propias correspondientes a cada etapa del ciclo de vida de los NMMs estudiados en esta Memoria de Tesis.

Para la fase de investigación y desarrollo de NMMs se ha estudiado la tarea de lijado, de la plancha de deposición de un reactor, donde se realizan operaciones de recubrimiento de superficies mediante la deposición de nanopartículas metálicas en condiciones de alto vacío, utilizando para ello una lijadora mecánica de mano. Respecto a la fase de aplicación de NMMs en obras de construcción, la tarea analizada es la aplicación por esprayado y rodillo de una pintura y un recubrimiento fotocatalítico, ambos formulados con nano-TiO₂.

Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor

El primer caso de estudio corresponde con la campaña de medición realizada en los laboratorios del Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), en los que se realizan investigaciones y desarrollos de aplicaciones de NMMs, que incluyen entre otros materiales, nanopartículas de SiO₂ y TiO₂, platino y níquel.

Figura 9. Lámina de deposición extraída para su limpieza (lijado)



Fuente: Elaboración propia.

La operación evaluada consistió en el lijado de una lámina de deposición metálica (Figura 9) del reactor de alto vacío, de forma manual, utilizándose una lijadora de mano mecánica.

Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂

La campaña de evaluación de la exposición se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Innovación Andaluz para la Construcción Sostenible (CIAC), uno de los centros más importantes dedicados a la investigación y promoción de la aplicación de materiales en la nanoescala en el sector de la construcción.

El estudio en las instalaciones del CIAC se centró en el análisis de los niveles de exposición durante la aplicación de tres referencias de producto, dos que contienen nanomateriales en su formulación y una que no. Las fichas técnicas de la pintura plástica mate y la fotocatalítica y la ficha de datos de seguridad del recubrimiento fotocatalítico se incluyen en el Apartado 13.4 del Capítulo 13. La Tabla 16 muestra los escenarios de exposición analizados en este estudio.

Tabla 16. Escenarios de exposición estudiados

Actividad	Tipo de aplicación	NMMs
Aplicación de pintura plástica mate (pintura comercial sin NMMs)	Mediante pistola	-
Aplicación de pintura fotocatalítica		TiO ₂
Aplicación de recubrimiento "coating" fotocatalítico		
Aplicación de pintura plástica	Mediante rodillo	-
Aplicación de pintura fotocatalítica		TiO ₂
Aplicación de recubrimiento "coating" fotocatalítico		

Las operaciones estudiadas consisten en la aplicación de pinturas disponibles comercialmente, incluyendo una pintura comercial común sin NMMs, una pintura formulada con nanoTiO₂-Anatasa, y un recubrimiento "coating" formulada a base de TiO₂ fotocatalítico. Las técnicas empleadas fueron pistola y rodillo, ver Figura 10. Las actividades se realizaron con ventilación natural, manteniendo las puertas abiertas.

Figura 10. Trabajador durante la aplicación de la pintura y recubrimiento fotocatalítico mediante pistola (izq.) y derecha (drch.).



Fuente: Elaboración propia.

7.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CAMPO

7.2.1. Evaluación cualitativa de los niveles de exposición a NMMs

Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor

La Tabla 17 resume los resultados obtenidos mediante la aplicación el modelo matemático seleccionado. La información y asunciones consideradas para la realización de los cálculos del potencial de exposición se incluyen en Apartado 13.3 del Capítulo 13.

Tabla 17. Resultados del análisis cualitativo de la exposición mediante la aplicación del modelo Control Banding Nanotool

Descripción	Actividad	NMMs	Modelo	Resultado
Limpieza	Lijado de plancha metálica de reactor con lijadora mecánica de mano.	SiO ₂ TiO ₂ Platino Níquel.	Control Banding Nanotool	RL3 Aplicación de contención

Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂

La Tabla 18 resume los resultados obtenidos mediante la aplicación de los modelos matemáticos seleccionados. Tal y como se ha comentado en el caso de estudio 1, la información y asunciones consideradas para la realización de los cálculos del potencial

de exposición se incluyen en las tablas disponibles en se incluyen en Apartado 13.3 del Capítulo 13.

Tabla 18. Resultados del análisis cualitativo de la exposición mediante la aplicación de los modelos CB Nanotool, ART Tool y Stoffenmanager Nanomodule 1.0

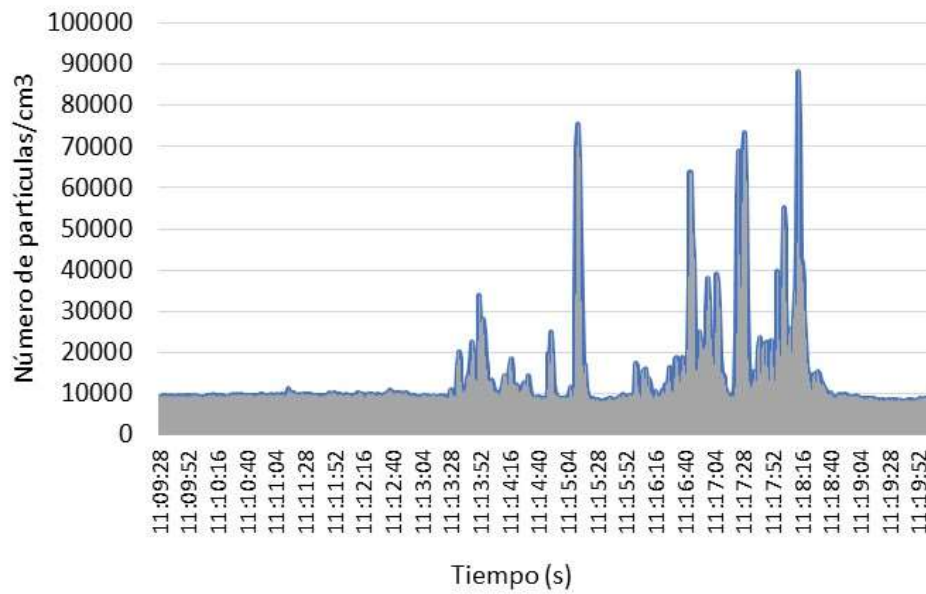
Descripción	Actividad	NMMs	Modelo	Resultado
Aplicación mediante pistola	Aplicación de pintura fotocatalítica	TiO ₂	Control Banding Nanotool	RL1 – Ventilación general
			ART Tool	Exposición: Puntual: 4,4 mg/m ³ Largo plazo: 3,9 mg/m ³
			Stoffenmanager Nanomodule 1.0	Clase de peligro: A Puntuación de riesgo: III Clase de exposición: 3
	Aplicación de recubrimiento "coating" fotocatalítico		Control Banding Nanotool	RL1 – Ventilación general
			ART Tool	Exposición: Puntual: 4,4 mg/m ³ Largo plazo: 3,9 mg/m ³
			Stoffenmanager Nanomodule 1.0	Clase de peligro: A Puntuación de riesgo: III Clase de exposición: 3
Aplicación mediante rodillo	Aplicación de pintura fotocatalítica	TiO ₂	Control Banding Nanotool	RL1 – Ventilación general
			ART Tool	Exposición: Puntual: 0,44 mg/m ³ Largo plazo: 0,39 mg/m ³
			Stoffenmanager Nanomodule 1.0	Clase de peligro: A Puntuación de riesgo: III Clase de exposición: 1
	Aplicación de recubrimiento "coating" fotocatalítico		Control Banding Nanotool	RL1 – Ventilación
			ART Tool	Exposición: Puntual: 0,46 mg/m ³ Largo plazo: 0,4mg/m ³
			Stoffenmanager Nanomodule 1.0	Clase de peligro: A Puntuación de riesgo: III Clase de exposición: 3

7.2.2. Evaluación cuantitativa de los niveles de exposición a NMMs

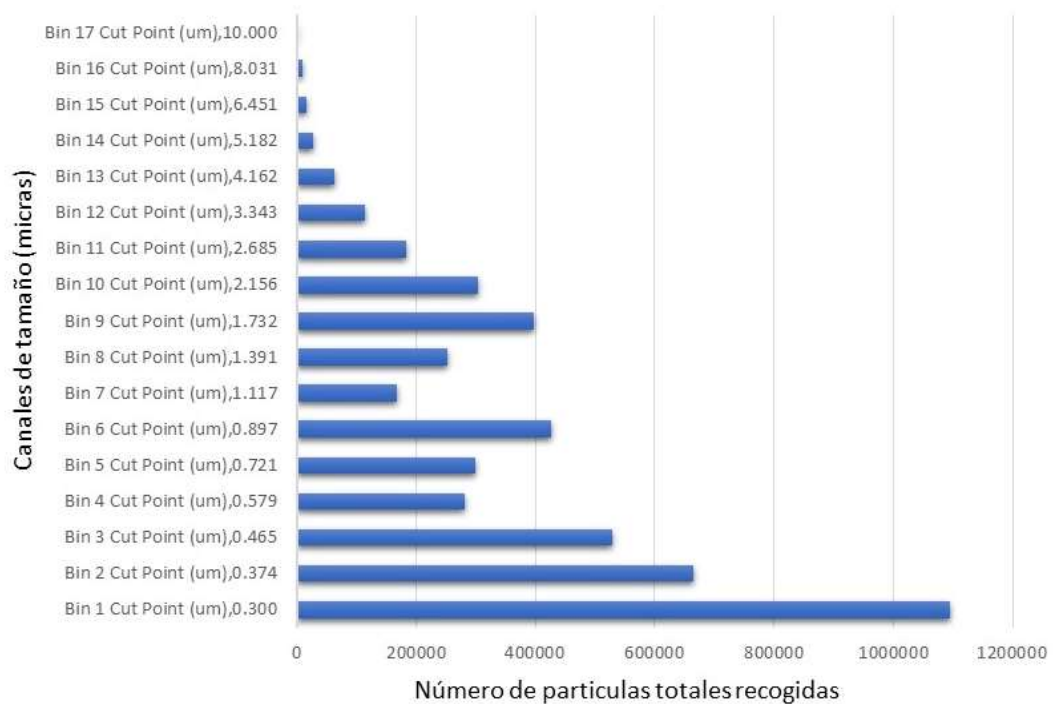
Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor

La operación de lijado duró alrededor de 9 minutos y se realizó en una zona exterior, con un nivel de fondo de partículas en torno a 2.723 partículas/cm³. Como se observa en la Gráfica 12, el proceso de lijado generó la liberación de partículas en niveles en torno a las 86.000 partículas/cm³.

Gráfica 12. Niveles de partículas observados durante el lijado mediante el contador CPC



Gráfica 13. Niveles de partículas observados durante el lijado mediante el contador OPS

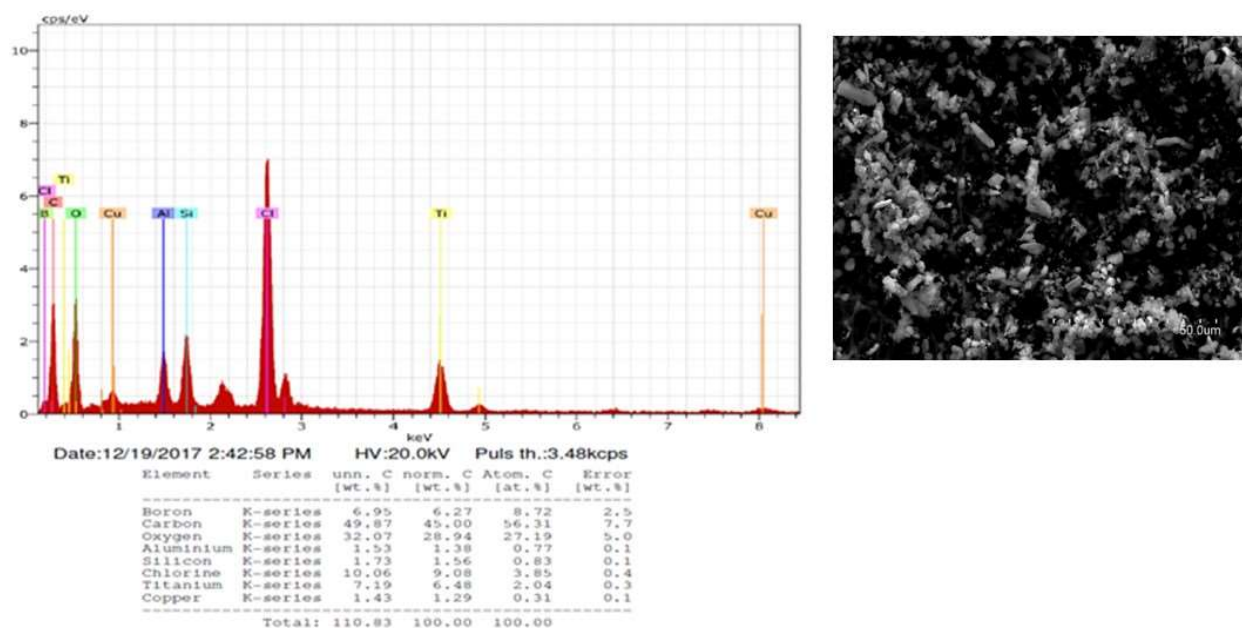


El análisis de la distribución de tamaños realizado con el contador óptico OPS (Gráfica 13) muestra como la fracción de partículas más numerosa se sitúa por debajo

de los 465 nm, aspecto que apoya los datos medidos con el contador de partículas, demostrándose el alto nivel de emisión del proceso.

El análisis microscópico de las muestras retenidas en el filtro, ver Figura 11, revela grandes concentraciones de partículas metálicas, incluyendo entre otros, cobre, titanio y boro. La presencia en el filtro de este tipo de metales revela que las nanopartículas depositadas en la plancha pueden emitirse al ambiente durante el proceso de lijado.

Figura 11. Derecha: Agregado de partículas encontradas durante el proceso de lijado. Izquierda: Espectro EDXS del filtro (picos para Boro, Ti, Cobre y O₂)



La exposición cutánea real no pudo calcularse utilizando instrumentos de lectura directa, pero no debe excluirse durante las operaciones de limpieza como el caso estudiado de lijado de la plancha de deposición de nanopartículas metálicas del reactor de alto vacío.

Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂

Las operaciones estudiadas permiten el análisis comparativo de la exposición durante la aplicación de las pinturas y el recubrimiento, mediante dos técnicas diferentes, pistola y rodillo. Indicar que se aplicaron en zonas diferenciadas y sobre una pared revestida con mortero fotocatalítico. La pistola de pulverización funcionaba con una presión oscilante entre 29 y 50 PSI.

La actividad de pulverización controlada duró alrededor de 6 minutos y se pulverizaron aproximadamente 0,75 l de cada producto. La aplicación del recubrimiento fotocatalítico generó picos de hasta 140.000 partículas/cm³, más de 10 veces superior a los niveles de fondo. Cabe señalar que la concentración de partículas en el campo lejano se mantuvo estable.

La aplicación de la pintura fotocatalítica de TiO₂ generó varios picos con concentraciones de hasta 35.000 partículas/cm³, superando en 5 veces la concentración que se encuentra en el fondo. Tal cambio entre actividad y fondo fue mucho menos pronunciado que el de la aplicación del recubrimiento fotocatalítico, aspecto que se atribuyó a diferencias en la densidad de ambos productos. La Tabla 19 resume los datos observados durante la aplicación de pintura con pistola.

Tabla 19. Niveles de partículas medidos con CPC y con NanoScan durante la pulverización

Descripción	Actividades	Nivel de partículas (#/cm ³)			Dpg (nm)*
		Media	Max	Min	
Background		6.000±160			
Esprayado de pinturas con pistola	Aplicación de pintura plástica	7.400±200	10.500	6.300	90±2
Background		11.000±2.000			
Esprayado de pinturas con pistola	Aplicación de pintura fotocatalítica con NMs	14.100±5.000	28.400	5.300	74±2
Background		12.400±700			
Esprayado de recubrimiento con pistola	Aplicación de recubrimiento fotocatalítico con NMs	36.000±2.100	137.000	9.250	83±2

*Dpg: Diámetro de partícula

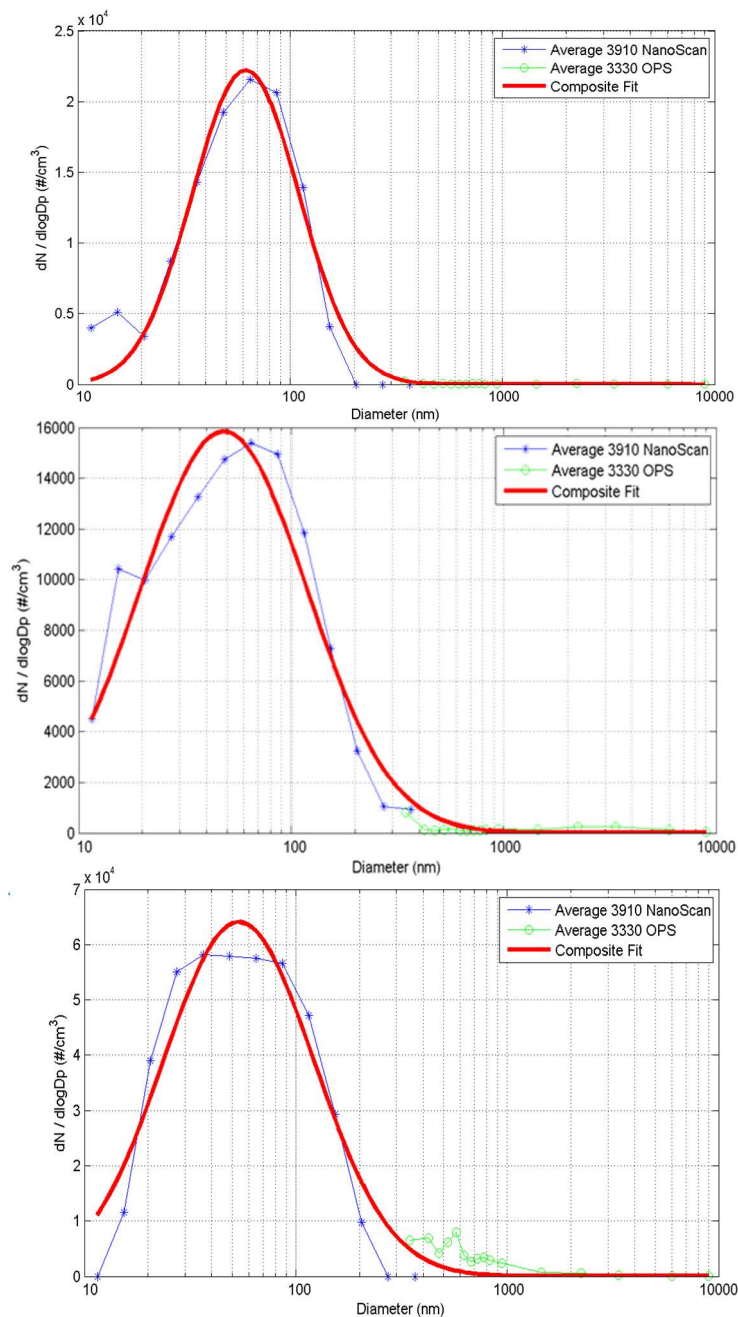
La concentración media del número de partículas en el campo lejano (Ver Tabla 19), considerada en este caso como el nivel de fondo, se encuentra en torno a las 6.000 ± 160 partículas/cm³. Las medidas mostraron una tendencia similar de "subidas y bajadas", con un pico máximo de hasta 10.500 partículas/cm³, y concentraciones medias que van desde 7.400 ± 200 en el caso de la pintura plástica hasta 36.000 ± 2.100 partículas/cm³ en el caso del recubrimiento fotocatalítico.

Las distribuciones de tamaño de partícula en el campo cercano medidas desde 8,8 a 310,6 nm (rango de trabajo del equipo) en intervalos de 60 s se analizaron mediante el equipo NanoScan para respaldar la evaluación de la variabilidad en la distribución del

tamaño de partícula. La Gráfica 14 muestra el diámetro promedio de las partículas medidas durante el esprayado de pintura para los tres productos estudiados.

Se observaron cambios menores en el diámetro de partícula, con valores que van desde 50 nm, en el caso del recubrimiento fotocatalítico, hasta 60 nm, en el caso de la pintura tradicional.

Gráfica 14. Tamaño medio de partículas durante el esprayado de pintura. Arriba: pintura plástica, centro: pintura fotocatalítica e inferior: recubrimiento fotocatalítico.

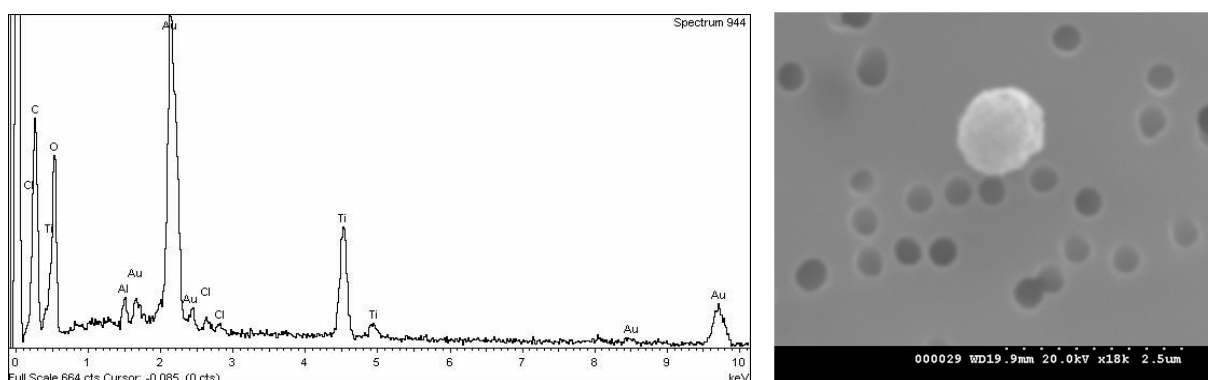


Los análisis de las muestras retenidas en filtros revelaron que el titanio y el oxígeno siempre estaban presentes en el filtro junto con algunos de los siguientes elementos: Si, Mg, Fe, K (en muestras de fondo) Al, C y Cl (durante la pulverización).

Los perfiles EDXS presentados en la Figura 12 muestran partículas de titanio presentes tanto en la pintura fotocatalítica como durante la pulverización del recubrimiento fotocatalítico de nano-TiO₂. En el caso del recubrimiento, se observan aglomerados de titanio con tamaños superiores a los 100 nm, atribuyéndose su origen a las partículas de nano-TiO₂ más finas (Dp desde 21 nm y hasta 100 nm) presentes en la formulación el producto.

Combinando los resultados de los dispositivos de medición con los análisis de los filtros, se puede concluir que el trabajador está expuesto a las nanopartículas durante la pulverización de las pinturas fotocatalíticas.

Figura 12. Derecha: Partícula de titanio de ~ 1.1 μm encontrada durante la pulverización del recubrimiento fotocatalítico. Izquierda: Espectro EDXS con picos de Al, C, Cl, O y Ti.



Por último, en relación a la aplicación de las pinturas mediante rodillo no produjo un cambio observable en la concentración de partículas por debajo de 1 μm. Dicho comportamiento se atribuyó a la baja energía necesaria para aplicar los productos sobre la pared, lo que hace que la ruta de exposición por vía inhalatoria sea de menor importancia en este caso.

El perfil EDX para las muestras de filtros no mostraron titanio en ningún caso. En el caso de recubrimiento fotocatalítico, se hallaron trazas de oxígeno y carbono, cuya presencia se atribuye al uso aditivos orgánicos en la formulación (por ejemplo, surfactante).

Combinando los resultados de los dispositivos de medición con los análisis de los filtros, se puede concluir en este caso que el trabajador no estuvo expuesto a las nanopartículas durante la aplicación mediante rodillo de la pintura fotocatalítica y el recubrimiento.

La exposición cutánea real no pudo calcularse utilizando instrumentos de lectura directa, pero no debe excluirse durante la aplicación de pinturas, especialmente con pintura en aerosol.

CAPÍTULO 8

RESULTADOS



8. RESULTADOS

8.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR PERSONAL TÉCNICO DE LABORATORIOS Y DE INVESTIGACIÓN

En el Capítulo 4, apartado 4.2 se muestran el análisis del trabajo de campo realizado según lo establecido en el Objetivo específico 1 fijado para llevar a cabo la investigación que se presenta en esta Memoria de Tesis doctoral. Los resultados a los que se llegan tras su estudio son:

En virtud de los datos recabados, los trabajadores están expuestos principalmente a cinco tipos diferentes de NMMs, en particular nanopartículas de Au, Fe y Grafeno. La mayoría de los encuestados trabajan en centros de entre 11 y 50 trabajadores potencialmente expuestos a NMMs, pero la probabilidad de exposición es relativamente baja, ya que los NMMs se utilizan principalmente en suspensión, en pequeñas cantidades y con períodos cortos de exposición.

El examen de las buenas prácticas en el trabajo señala que las prácticas habituales de higiene son ampliamente asumidas en contra de las prácticas relacionadas con la limpieza y el control de derrames. La mayoría de los residuos que contienen NMMs son tratados como residuos peligrosos, uno de los supuestos criterios de los trabajadores. Hasta ahora no ha sido posible distinguir si estas prácticas se implementan como consecuencia del uso de NMMs en el lugar de trabajo o como actividad normal de laboratorio como con cualquier otro producto químico.

La medida de control más implementada entre los encuestados es el uso de campanas extractoras. En lo que respecta al uso de EPI, la protección de las manos es la más utilizada, mientras que la protección de cuerpo prácticamente no se aplica. Aunque la situación actual de los trabajadores potencialmente expuestos a NMMs en laboratorios es clara, la selección de las medidas de control y los EPIs utilizados no se consideran relevantes. Estas medidas se utilizan comúnmente como una práctica estándar de seguridad en los laboratorios abordados independientemente del uso de productos químicos en la escala nanométrica.

Sin embargo, cabe señalar que las medidas de control y el uso de EPIs no se seleccionan de acuerdo con las características de los NMMs manejados, considerando la falta de conocimiento sobre la liberación de NMMs, los procedimientos de seguridad y los riesgos que plantean.

Cuando se trata de aspectos de salud y seguridad, los riesgos que plantean los NMMs son ampliamente ignorados. De hecho, los trabajadores no asocian las medidas

implementadas con el riesgo de exposición a NMMs y la realización de evaluaciones de riesgo considerando los nanorriesgos, la monitorización de los niveles de exposición y la vigilancia específica de salud están prácticamente ausentes. Estas acciones aún no son obligatorias ya que actualmente no existe una legislación nanoespecífica, pero se evidencia la falta de acción proactiva orientada a la protección de los trabajadores. Además, se indicaron algunos accidentes o incidentes, lo que demuestra que ya existen incidencias relacionadas con el uso de NMMs.

8.2. EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LOS COORDINADORES DE SEGURIDAD Y SALUD SOBRE NMMs

En el Capítulo 5, apartado 5.2 se muestran el análisis del trabajo de campo realizado según lo establecido en el Objetivo específico 2 fijados para llevar a cabo la investigación que se presenta en esta Memoria de Tesis doctoral. Basándonos en ellos, podemos afirmar que:

Los productos de construcción que incorporan NMMs son ampliamente conocidos, sin embargo, su uso real sigue siendo muy bajo y no es consolidado. De todos modos, cuando se utilizan en proyectos de construcción actuales, los riesgos nano-específicos prácticamente no son considerados y por lo tanto no se definen en los documentos de Seguridad y Salud de obra.

Finalmente, el uso de nanoprodutos plantea varias preocupaciones considerando que la aplicación de los recubrimientos y la realización de operaciones mecánicas sobre elementos prefabricados sólidos se encontraban entre las categorías de productos de uso más frecuente, y que se espera que produzcan una exposición potencial más alta.

8.3. EVALUACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO DE PRODUCTOS ADITIVADOS CON NMMs EN CONSTRUCCIÓN

En el Capítulo 6, apartado 6.2 se muestran el análisis del trabajo de campo realizado según lo establecido en el Objetivo específico 3 fijados para llevar a cabo la investigación que se presenta en esta Memoria de Tesis doctoral. Los resultados con los que se concluye son:

El análisis de las FDS no mostró información sobre riesgos nanoespecíficos. Además, los resultados evidencian la falta de recomendaciones de manipulación y almacenamiento, así como de información sobre los controles de exposición y equipos de protección a utilizar durante la manipulación de productos que contienen NMMs.

En relación a la potencial exposición los resultados denotan que existe mayor potencial de exposición para el caso de actividades que conllevan la manipulación de productos en polvo y la aplicación de productos mediante la pulverización.

8.4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN LOS CASOS DE ESTUDIO

8.4.1. Caso de estudio 1: lijado de plancha metálica de reactor

EVALUACIÓN CUANTITATIVA

En el Capítulo 7, apartado 7.2 se muestran el análisis del trabajo de campo realizado según lo establecido en el Objetivo específico 4 fijados para llevar a cabo la investigación que se presenta en esta Memoria de Tesis doctoral. Los resultados obtenidos son:

En el caso de las operaciones de lijado, cabe mencionar los elevados picos de concentración a los que llevó en periodos de corta duración, siendo relevante en caso de casos repetitivos. En la operación se superaron los niveles recomendados de exposición para nanopartículas, fijados en 40.000 partículas/cm³ (ver Capítulo 2.3.3 Tabla 3), y que en este caso llegaron a las 86.000 partículas/cm³. El análisis de filtros utilizado para definir las especies químicas presentes en la zona de respiración del trabajador demostró la presencia de nanopartículas de Níquel y otros metales.

EVALUACIÓN CUALITATIVA

En relación a la operación de lijado, el modelo Control Banding Nanotool determinó un nivel de riesgo 3 (un riesgo alto), al que le correspondería la aplicación de medios de contención.

8.4.2. Caso de estudio 2: Aplicación de pintura fotocatalítica y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂

EVALUACIÓN CUANTITATIVA

Por otro lado, los resultados de las mediciones en el segundo caso de estudio sugieren que la exposición de los trabajadores a NMMs bajo las condiciones de trabajo analizadas resulta improbable en el caso de la aplicación de pintura de superficies con rodillo.

En el caso de la aplicación de pintura con una pistola de pulverización o esprayado, se llegaron a picos máximos de hasta 28.000 partículas/cm³, además de encontrar partículas de TiO₂ en los filtros recogidos, lo que sugiere una exposición potencial para los trabajadores que trabajan con pinturas. Del mismo modo en el caso del recubrimiento se llegaron a picos máximos mucho más elevados que en el caso anterior, entorno a 137.000

partículas/cm³, que unido al hecho a la presencia de TiO₂ en los filtros recogidos, hicieron de este proceso el de mayor riesgo.

Se observó que los niveles de emisión están directamente influenciados por el modo de aplicación de la pinturas y recubrimientos considerando que la pulverización de producto generó una mayor cantidad de aerosol.

El estudio señala que es necesario utilizar sistemas de medición con resolución de tiempo inferior a 10 s para detectar picos de emisiones cuando se analizan operaciones que involucran operaciones con alto poder de emisión de aerosoles. De manera similar, otro punto a tener en cuenta es que en la evaluación de la exposición en el lugar de trabajo con bombas de muestro personales ha demostrado ser efectivo para la identificación de las potenciales fuentes de emisión de NMMs.

EVALUACIÓN CUALITATIVA

En el caso de la aplicación de pintura y recubrimientos fotocatalíticos, independientemente del método de aplicación, el método Control Banding Nanotool determina que basta una ventilación general (RL1). Por otro lado el método ART Tool, indicó para el caso de las aplicaciones con pistola valores diez veces superiores al determinado para la aplicación con rodillo (0,44 mg/m³ frente a 4,4 mg/m³). Por último, en relación al método Stoffenmanager Nanomodule 1.0, el nivel menor de riesgo se detectó para el caso de la aplicación de la pintura fotocatalítica con rodillo, donde la clase de exposición asignada fue 1 (la más baja). Para el caso de la aplicación del recubrimiento tanto con rodillo como pistola y la aplicación de la pintura fotocatalítica con pistola, el modelo asignó la clase de exposición 3 y puntuación de riesgo 3 (alta). Se observa como las mayores exposiciones se asignaron a las aplicaciones con pistola. No obstante, en el caso de la aplicación del recubrimiento mediante con rodillo el modelo Stoffenmanager Nanomodule 1.0 asignó una clase de exposición alta.

CAPÍTULO 9

DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS



9. DECÁLOGO DE BUENAS PRÁCTICAS

A partir de los resultados de la presente Memoria de Tesis, en este Capítulo, se proponen una serie de recomendaciones y un conjunto de buenas prácticas, con el objeto de colaborar con nuevas ideas complementarias a la investigación original. De esta manera, se pueden incorporar como información de apoyo para la toma de decisiones, tanto de los técnicos en Seguridad y Salud en la Construcción como de la población en general, a la hora de proteger a los trabajadores del sector de la Construcción. Además de ayudar a fijar criterios para el uso de materiales de construcción que contengan, o estén fabricados, con nanomateriales a fin de que todos podamos beneficiarnos de esta nueva tecnología de forma segura y responsable.

Recomendaciones

A continuación, se agrupan las recomendaciones siguiendo los bloques de objetivos específicos planteados en la presente Memoria de Tesis.

Identificación de las prácticas preventivas para trabajar con NMMs en fase de desarrollo e investigación de nuevos materiales.

Para garantizar la salud y seguridad de los trabajadores, las operaciones de trabajo deben revisarse y las medidas de control y los EPIs apropiados deben seleccionarse de acuerdo con las pautas y recomendaciones proporcionadas por las agencias especializadas en Seguridad y Salud ocupacional, como son Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional estadounidense (NIOSH) o el Instituto Nacional de Educación y Seguridad Frances (INRS). Los lugares de trabajo también deben estar equipados con instalaciones adecuadas, según lo recomendado por el Consejo Municipal de Berkeley (Berkeley City Council, 2006) "todas las instalaciones que fabrican o usan nanopartículas deben presentar una declaración escrita de la información toxicología actual de los materiales utilizados, y de cómo el emplazamiento utilizará de forma segura los NMMs, monitorizará, contendrá, llevará a cabo la gestión de residuos, supervisará el inventario, prevendrá emisiones y mitigará el riesgo".

A pesar de la falta de conocimiento con respecto a los riesgos que plantea el uso de NMMs, se deben establecer políticas de seguridad adecuadas para su uso. Los agentes reguladores deben ser alentados a elaborar una legislación que promueva el uso de herramientas tales como las evaluaciones de riesgo, la monitorización de agentes químicos y la vigilancia de la salud para evitar que los investigadores estén expuestos a los posibles efectos nocivos de los NMMs, así como para desarrollar información específica y programas de formación para trabajadores, incluidas cuestiones tales como las buenas

prácticas en el trabajo, el tratamiento de los residuos, las medidas de control, los EPIs y la concienciación sobre los riesgos. Si bien no es una tarea fácil para las Autoridades Nacionales de Reglamentación y Legislación sobre Seguridad y Salud, se recomendaría que apoyen dicho desarrollo por medio de pautas y recomendaciones proporcionadas por agencias especializadas en Salud y Seguridad laboral, entre otros recursos, además de informes y publicaciones de proyectos de ámbito europeo como NANoREG (NANoREG, 2017).

Prevención en el uso de NMMs en obras de construcción: visión de los Coordinadores de Seguridad y Salud sobre NMMs

La principal recomendación que se hace en este apartado es en relación a la formación. En este sentido, la formación e información sobre riesgos emergentes en el sector de la construcción, incluyendo los riesgos de la nanotecnología debería incluirse entre los temas del Anexo II de la Guía del Real Decreto 1627/1997, donde se detallan las necesidades de formación especializada para Coordinadores (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2012). Además, los Colegios Profesionales de arquitectos, arquitectos técnicos o ingenieros e ingenieros técnicos deberían apostar decididamente por proporcionar este tipo de formación e información a sus colectivos.

Evaluación cualitativa del riesgo de productos aditivados con NMMs según las FDS.

Se precisa de un mejor intercambio de comunicación entre los actores de la cadena de suministro pues es de vital importancia. En este sentido, la forma en que actores clave como los fabricantes o proveedores de nanoproduitos adquieren, administran y distribuyen información sobre los productos químicos utilizados impactará en la evaluación de seguridad de las actividades relacionadas con los NMMs utilizados en obras de construcción. Sin embargo, considerando que es poco probable que un cambio legislativo tenga un impacto importante a corto plazo en la calidad de la información incluida en las FDS de los nanoproduitos, el rol de los agentes garantes de la seguridad en obra debe seguir el principio de precaución. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta los riesgos nanoespecíficos derivados del uso de productos basados en la nanotecnología en la documentación de seguridad en el trabajo (por ejemplo, los criterios para la inclusión de los productos en algunos inventarios de nanoproduitos, como por ejemplo la base de datos de nanoproduitos (NPD).

Estudios de casos: análisis cuantitativo y cualitativo de los niveles de exposición a NMMs durante tareas representativas en la etapa de investigación y desarrollo y puesta en obra.

Ante la falta de datos en entornos de laboratorio, se propone mejorar el conocimiento sobre la exposición de los trabajadores a NMMs, realizando más mediciones cuantitativas en el lugar de trabajo.

Con respecto a las tareas críticas identificadas en obras de construcción, al existir una potencial exposición, así como una evidente falta de datos cuantitativos de niveles de exposición durante las operaciones que involucran en uso de nanoprodutos, se recomienda la realización de campañas de exposición para generar una base de conocimientos que permita identificar la naturaleza y el alcance de la exposición en operaciones comunes.

Decálogo de Buenas Prácticas

Mientras se llegan a términos más concretos sobre el alcance de esta exposición en construcción, se propone a continuación un decálogo de recomendaciones estructuradas en función de las características del nanomaterial: en suspensión (aerosoles y líquidos), en forma sólida y con libertad de movimiento (polvo y sólidos capaces de generar fibras) y los fijados en una matriz sólida o embebidos en una superficie, para identificar cómo y dónde actuar y de esta forma gestionar el riesgo de exposición a los nanomateriales en el lugar de la construcción.

Para la elaboración de este decálogo, se han tenido en cuenta los resultados de esta Memoria de Tesis así como criterios y medidas para entornos específicos de construcción (BAuA, 2014; INSST, 2015; Scaffold, 2015) y han sido unificados y seleccionados para ser aplicados a las obras de construcción en función de las características del nanomaterial. Se elige esta estrategia, porque las características de los nanomateriales determinan los riesgos de exposición (European Commission, 2012) y porque se evita la entrada en el cuerpo humano por inhalación o a través de la piel (así como por su ingesta).

En las tablas siguientes se presenta las características de los nanoprodutos, la acción y las recomendaciones que se deben tomar en cuenta. La Tabla 20 presenta las eliminaciones como la primera opción, a pesar de que es la más complicada. En la Tabla 21, se presentan los diferentes tipos de sustitución de los productos, equipos y procesos de trabajo. En este caso hay que tener en cuenta los riesgos que plantea el nuevo reemplazo. Los controles de ingeniería se resumen en la Tabla 22. En la Tabla 23 muestra los equipos de protección personal y en la Tabla 24 se enumeran las prácticas de trabajo adecuadas

Tabla 20. Eliminación del nanoproducto.

Estado del nanoproducto	Acción	Recomendaciones
Cuando se plantee el uso de nanoproductos.	Eliminación	Si es posible, se debe considerar si las propiedades específicas de los nanomateriales compensan los posibles riesgos nuevos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Substitución del nanoproducto, equipo y proceso de trabajo.

Estado del nanoproducto	Acción	Recomendaciones
Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento.	Nanoproducto reemplazado.	Siempre se recomienda la opción que genere el menor polvo, esto es crítico en el caso de, por ejemplo el cemento.
	Equipo de trabajo reemplazado.	Utilizar siempre sistemas de aspiración para atrapar el polvo en los equipo de corte y perforación. Estos sistemas deben tener filtros HEPA (High Efficiency Particulate Air).
En suspensión.	Proceso de trabajo reemplazado.	Usar equipos que no generen aerosoles. Por ejemplo para la aplicación de pinturas utilizar rodillos en vez de pistola.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Controles de ingeniería.

Estado del nanoproducto	Acción	Recomendaciones
Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento, también en suspensión.	Extracción localizada.	Cuando el confinamiento no es posible (en obra, bastante complicado), como alternativa: aspiradora portátil eléctrica.
		La ventilación por dilución no puede en ningún caso ser una sola medida de control de la exposición.
Sólidos capaces de generar nano-fibras.	Confinamiento	Cuando el confinamiento no es posible, limitar las cantidades. Para el caso de NMMs que tengan forma de fibra o varilla y además sean biopersistentes, usar encapsulado.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Equipo de protección personal individual.

Estado del nanoproducto	Acción	Recomendaciones
Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento, en suspensión y fijado a una matriz sólida o embebido en una superficie.	Guantes.	Uso de guantes de trabajo de nitrilo (indicado para obra), sin embargo, se deben de contemplar todos los riesgos, por ejemplo riesgos físicos, como el corte o quemaduras. En este caso se deben de evaluar los riesgos y seleccionar la mejor protección.
Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento.	Protección respiratoria.	Se recomiendan medias máscaras con filtro P3 (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2010) Introduction to Nanomaterials and Occupational Safety and Health. SH-21008-10-60-F-48.
Nanomateriales en suspensión con aplicación de baja energía (ejemplo: rodillo)		Mascarilla autofiltrante tipo P2 o P3.
Nanomateriales en suspensión con aplicación con alta energía (ejemplo: pistola)		Se recomiendan medias máscaras con filtro combinado para volátiles (dependiendo del solvente que se utilice) y partículas tipo P3.
Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento y también en suspensión.	Protección ocular.	Como mínimo, gafas de seguridad de montura integral.

Fuente: Elaboración propia

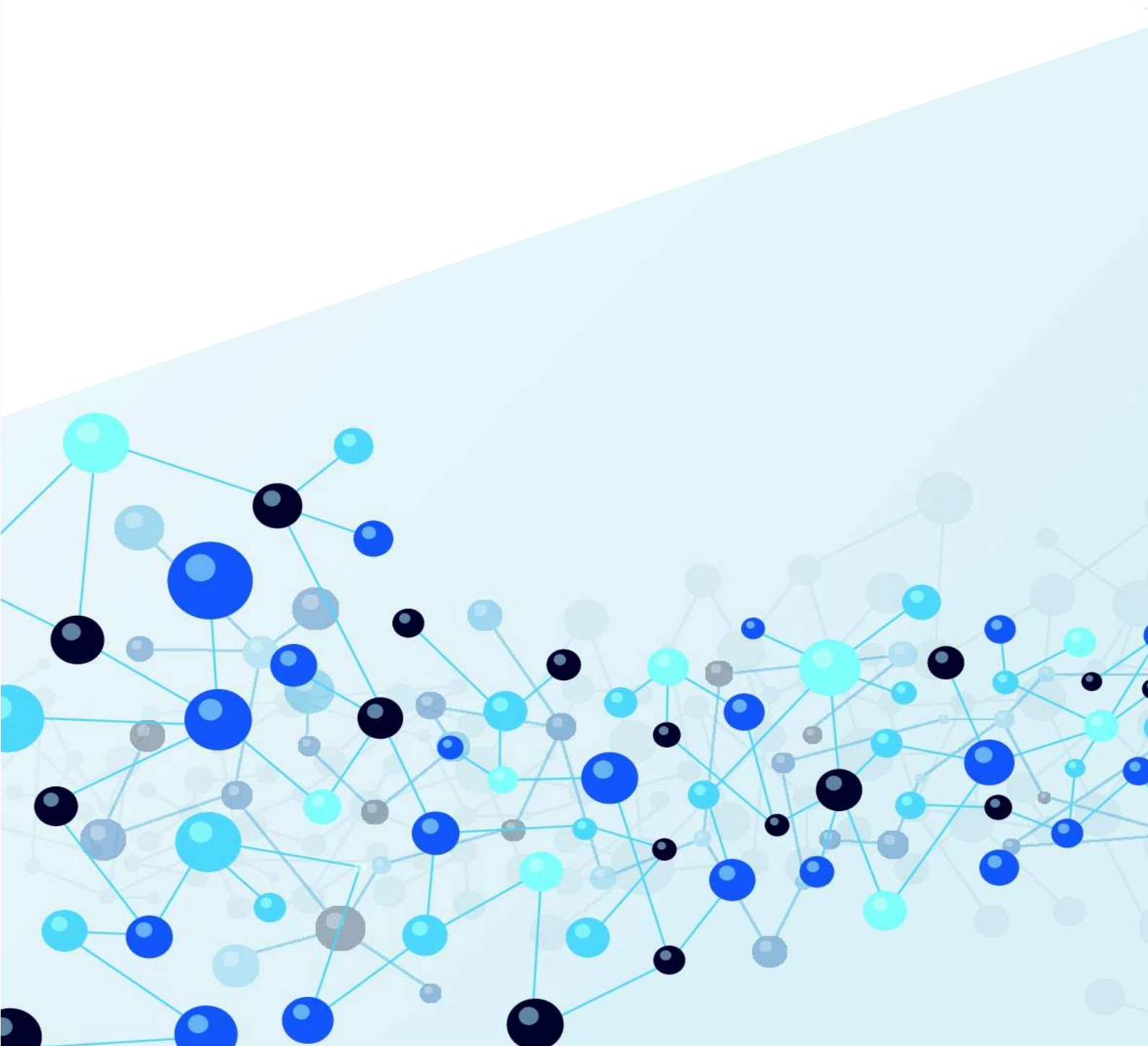
Tabla 24. Prácticas organizativas y de trabajo.

Estado del nanoproducto	Acción	Recomendaciones
<p>Nanomaterial sólido y con libertad de movimiento en suspensión. Y los nanomateriales cuando se encuentren en matriz sólida o embebido en una superficie, que por el proceso, vayan a ser sometidas a un proceso de mecanizado.</p>	<p>Prácticas de trabajo relacionadas con el ambiente laboral (equipos y procesos de trabajo).</p>	<p>Tener en cuenta la temperatura de funcionamiento de los equipos eléctricos.</p>
		<p>Colocar esterillas antideslizantes en el suelo, porque así cualquier material que cae sobre ellas se puede retirar fácilmente. Otra ventaja es que el material no es arrastrado a otra parte.</p>
		<p>Señalizar la zona de trabajo. Aunque no existe un pictograma oficial, existen varias propuestas para advertir del peligro.</p>
	<p>Medidas de higiene personal.</p>	<p>No almacenar, ni consumir comida y bebida en el lugar de trabajo, evitar la aplicación de cosméticos, lavarse las manos antes de comer o dejar el trabajo y evitar tocarse la cara u otras partes expuestas del cuerpo con los dedos contaminados.</p>
	<p>Residuos.</p>	<p>Los nanoresiduos deben ser tratados como peligrosos.</p>
	<p>Prácticas de trabajo en relación a los EPIS.</p>	<p>El almacenamiento de ropa y equipo de protección contaminados se deben de tratar como residuos peligrosos. En caso de ser reutilizable la ropa, ésta deberá ser descontaminada por empresa especializada. En el caso de equipos de protección reutilizables, se debe de seguir las instrucciones del mantenimiento y limpieza que el fabricante indique.</p>
		<p>Prestar atención al desgaste de los equipos de protección personal.</p>
		<p>Prestar atención al ajuste de guantes y puños.</p>
<p>Formación e información</p>	<p>Los trabajadores deben recibir la información y formación de los riesgos específicos de su puesto. Incluido el manejo de nanoproductos.</p>	
<p>En el caso de derrames de sólidos.</p>	<p>Control de derrames.</p>	<p>Utilizar siempre sistemas húmedos y aspiradoras equipadas con filtros HEPA.</p>
<p>En el caso de derrames líquidos.</p>		<p>Se deben utilizar adsorbentes.</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 10

CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN



10. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se recogen las conclusiones de la investigación realizada. Se presentan seis grupos de conclusiones que dan respuesta al objetivo principal y a los objetivos específicos de la investigación que fueron planteados en el Capítulo 1.

El objetivo general se definió como la identificación de la situación actual del uso de nanoproductos de construcción desde la perspectiva de la Prevención de Riesgos Laborales, así como la aportación de recomendaciones preventivas. Este objetivo general se dividió en cinco objetivos específicos, todos ellos alcanzados tras haber desarrollado la investigación presentada. En las líneas que siguen se pone en manifiesto que, tras la presentación de los resultados de investigación obtenidos, todos y cada uno de dichos objetivos han sido alcanzados.

Finalmente, una vez concluida la investigación, se enuncian los aspectos que, sin ser objeto de la presente Memoria, ha quedado patente a lo largo de la misma la necesidad de ser investigados. Se presentan como futuras líneas abiertas de investigación y figuran bajo el epígrafe *Futuras líneas de investigación*.

10.1. CONCLUSIONES

PRIMERA

La primera, y principal, conclusión a la que se llega en esta Memoria de Tesis, es que, a la vista de los resultados encontrados, es evidente la falta de información sobre los riesgos específicos de los NMMs en los productos y actividades de relevancia en el sector de la construcción, así como sobre medidas específicas para su gestión y control por parte de las personas con responsabilidades en materia preventiva. Todo ello hace necesario investigar en las actuales prácticas preventivas utilizadas por parte del personal que intervine a lo largo el ciclo de vida de los NMMs. En las dos etapas investigadas en esta Memoria - desarrollo e investigación de nuevos materiales y su posterior aplicación en obras de construcción- ha quedado patente la necesidad de profundizar en el conocimiento de los niveles de NMMs a los que pueden estar expuestos el personal de investigación y/o operarios de obras en el transcurso de su actividad profesional, aspecto que permitirá ayudar a la definición de medidas preventivas adecuadas que reduzcan los posibles efectos adversos en la salud.

En el Capítulo 2 se recoge el Estado del Conocimiento actual en materia de aplicaciones, riesgos de los NMMs y metodologías de evaluación. A pesar de el elevado impacto de los NMMs en distintos sectores industriales, resulta sorprendente la falta de

regulación de sus niveles de exposición profesional, así como de metodologías armonizadas para la evaluación de la evaluación de la exposición.

La evaluación cuantitativa está todavía hoy limitada por la falta de valores límite de exposición regulados, sin embargo, es posible analizar los resultados de campañas de muestreo considerando los valores límites recomendados por organismos de referencia en materia de seguridad y salud en el trabajo. Se prevé además un continuo aumento de las aplicaciones de los NMMs en todos los sector insutriales, incluido el de la construcción.

Queda patente, al igual que en otros sectores, la necesidad de llevar a cabo un análisis integral del grado de seguridad en el uso de NMMs en construcción.

SEGUNDA

Objetivo específico 1. Identificación de las prácticas preventivas implementadas por personal técnico de laboratorios y el de investigación, en universidades, organizaciones públicas de investigación y centros de investigación cooperativa durante el trabajo de desarrollo e investigación de nuevos materiales que contiene NMMs.

A partir de los resultados de la encuesta que se presenta en el Capítulo 4, podemos concluir que:

1º. La probabilidad de exposición es relativamente baja, ya que los NMMs se utilizan principalmente en suspensión, en pequeñas cantidades y con períodos cortos de exposición.

2º. Las prácticas preventivas utilizadas en laboratorios responden a las utilizadas en la actividad normal de los laboratorios con otros agentes químicos, destacando que en aspectos de seguridad y salud, los potenciales riesgos de los NMMs son ignorados.

3º. Las medidas de control y el uso de EPIs no se seleccionan de acuerdo con las características de los NMMs manejados, considerando la falta de conocimiento sobre la liberación de NMMs, los procedimientos de seguridad y los riesgos que plantean.

TERCERA

Objetivo específico 2. Analizar el conocimiento de los Coordinadores de Seguridad y Salud en obras de construcción sobre los tipos de productos de construcción con NMMs. Identificar sus conocimientos sobre los potenciales riesgos para la salud, su identificación o evaluación en los Estudios o Planes de seguridad, la forma en que la gestión de la

prevención de riesgos nano-específicos se detalla en dichos documentos, así como el modo en que se identifican las operaciones realizadas en obras construcción.

A partir de los resultados de la encuesta que se presenta en el Capítulo 5, podemos concluir que:

1º. El uso de nanoproductos en obra de construcción en Andalucía, es actualmente muy bajo.

2º. Es evidente la falta de conocimiento sobre los riesgos de NMMs por parte de los CSS, aspecto que puede ocasionar la selección de medidas de prevención y control no adecuadas. De hecho, en los casos donde se tienen en cuenta los riesgos nanoespecíficos en los documentos de Seguridad y Salud de obra, la gestión de riesgos no está alineada con la gestión de la prevención siguiendo la jerarquía de la higiene industrial.

CUARTA

Objetivo específico 3. Evaluación cualitativa del riesgo considerando la información disponible en las FDS de productos aditivados con NMMs que son utilizados habitualmente en obras de construcción.

Del análisis pormenorizado de las FDS estudiadas en el Capítulo 6 se concluye que:

1º. El análisis de las FDS denotó que es poco probable que la incorporación de NMMs agregue peligros adicionales. En este sentido, la información contenida en la FDS de los nanoproductos examinados no proporcionó información suficiente para dilucidar si la incorporación de NMMs como los óxidos metálicos o los nanotubos de carbono modifican el perfil toxicológico del producto.

2º. Las FDS evaluadas carecen en su mayoría tanto de información sobre la presencia de NMMs en la formulación de los productos, como de información sobre medidas de gestión específica. Las consecuencias de no proporcionar información adecuada pueden desembocar en una mayor exposición del trabajador a NMMs que tienen el potencial de causar efectos adversos en la salud humana. Del mismo modo, esta situación dificulta la selección de medidas adecuadas de gestión del riesgo, incluyendo medios técnicos y equipos de protección individual adecuados.

3º. Con respecto a la definición del potencial de exposición a los NMMs en los usos más representativos identificados en obras de construcción, se concluye que se espera un mayor potencial de exposición en aquellas actividades que tratan con nanoproductos

en polvo o aplicados en forma de espray. La vía inhalatoria es la principal en ambos tipos de actividad.

QUINTA

Objetivo específico 4. Evaluación de la exposición a NMMs mediante estudios de caso de tareas representativas de cada etapa. En la etapa de investigación, en la limpieza de un reactor donde se realizan operaciones de recubrimiento de superficies mediante la deposición de nanopartículas metálicas en condiciones de alto vacío y en la etapa de puesta en obra, en la aplicación de una pintura y un recubrimiento fotocatalítico, formulados con nano-TiO₂.

Del análisis cuantitativo de niveles de exposición y características de los NMMs, sus agregados y/o aglomerados encontrados en los casos de estudio abarcados, en el Capítulo 7 se concluye:

1º. En relación a la campaña realizada en laboratorios de investigación, en el caso de la operación de lijado analizada, se superaron los niveles recomendados de exposición para nanopartículas. Dada la elevada energía aplicada, además de la naturaleza química de los elementos depositados en la superficie lijada, en su mayor parte NMMs metálicos, hace necesario la realización de esta operación en el interior de una cabina de flujo laminar para evitar así la liberación al ambiente de partículas metálicas en el rango del nanómetro.

El principal hallazgo es la demostración de la existencia de niveles de exposición relevantes en operaciones de laboratorio que se realizan de forma habitual en laboratorios de investigación. Tal aspecto es de especial relevancia considerando el elevado número de investigadores que se dedican a los campos de la nanotecnología en España y la repetición periódica de las operaciones, aspecto que puede incrementar los valores de exposición crónica y, en determinados procesos, suponer una exposición preocupante.

2º. En relación a las medidas experimentales llevadas a cabo durante la aplicación de pinturas y recubrimiento, los datos sugieren que la exposición resulta improbable en el caso de la aplicación de los productos mediante rodillo.

En el caso de la aplicación de la pintura y el recubrimiento fotocatalítico, con una pistola de pulverización, la detección de nanoTiO₂ en los filtros utilizados en la evaluación de la exposición durante la aplicación de pinturas fotocatalíticas, unida a la presencia de altos niveles de partículas con rangos de tamaño inferior a los 300 nm, sugiere un alto potencial de exposición incluso en operaciones de no más de 20 segundos. Tal aspecto

hace necesaria la adopción de medidas de prevención, considerando los efectos crónicos del TiO₂ sobre la salud, cuya clasificación como producto cancerígeno de tipo 2 por vía inhalatoria ha sido recientemente propuesta por el CARACAL (grupo consejero experto de la Comisión Europea y de la ECHA).

Se observó que los niveles de emisión están directamente influenciados con el tipo de operación de manipulación, y no solo con la cantidad utilizada. Por lo tanto, para comprender mejor las actividades que conducen a la exposición de los trabajadores en el sector de la construcción, se necesita un análisis en profundidad de la energía aplicada en el proceso y el modo de aplicación concreto.

La información sobre los potenciales niveles de exposición a NMMs es de suma importancia para los técnicos que trabajan en servicios de prevención que pretenden evaluar y abordar de forma proactiva la exposición ocupacional a NMMs, permitiéndoles (cuando sea necesario) identificar operaciones críticas donde es recomendable tomar medidas prevención y de protección adecuadas.

Del análisis de los niveles de exposición de los casos de estudio abarcados en el Capítulo 7 se concluye:

3º. Los resultados de las evaluaciones llevadas a cabo mediante métodos cualitativos se alinearon con los datos encontrados mediante evaluaciones cuantitativas. Cabe destacar que los métodos cualitativos identificaron mayor riesgo en las operaciones con alta exposición.

Los modelos cualitativo sirven de base para definir un potencial riesgo, sin embargo, las opciones de entrada de datos no siempre se adaptan al escenario real de exposición, o, simplemente, aún no se han habilitado otras alternativas. Por tanto, son una buena herramienta para la gestión de riesgos por uso de NMMs, pero es necesario complementarla con medidas experimentales.

SEXTA

Objetivo específico 5. Definición de un Decálogo de Buenas Prácticas en el uso de productos aditivados con NMMs que son utilizados habitualmente en obras de construcción.

La información disponible y estudiada en la presente investigación, ha permitido la definición de un conjunto de buenas prácticas para la mejora de la seguridad y salud en el trabajo con NMMs. Este decálogo aporta una nueva visión en un campo donde la

incertidumbre aún es evidente, siendo el principio de precaución estrategia fundamental para la prevención del riesgo laboral .

10.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

Una vez concluida la presentación de la investigación, se presentan futuras líneas de investigación que se han considerado prioritarias en base a los resultados obtenidos y las conclusiones desarrolladas en el apartado anterior:

1º. Es necesario definir de guías de uso seguro de NMMs y nanoproductos dirigidas a los profesionales encargados de gestionar y documentar la actividad preventiva en obras de construcción. La mejora del conocimiento sobre las aplicaciones de los NMMs en obras de construcción, vías de exposición, peligros y nivel de exposición es una asignatura pendiente sobre la que es necesario actuar. Para ello, se debería continuar investigando las características de los nanoproductos -incluyendo la determinación del tipo específico de NMMs que contienen, porcentaje presente en cada producto, peligros adicionales derivados de la incorporación de NMMs, identificación de medidas preventivas específicas y/o medidas de gestión de residuos- que se aplican en el sector y que son de especial importancia para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores a pie de obra que utilicen NMMs como parte de productos como cementos, aislantes, adhesivos, pavimentos o pinturas.

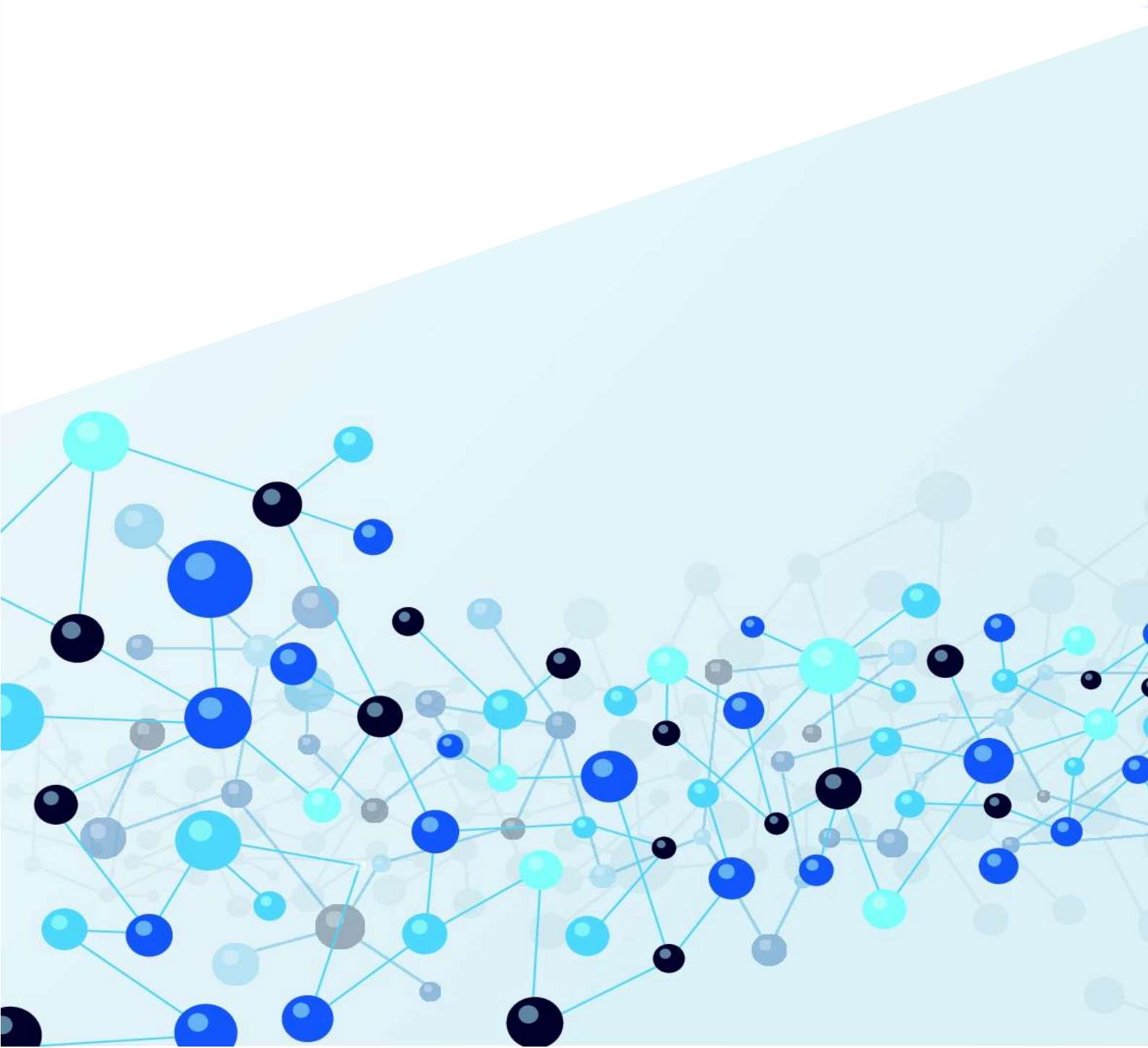
2º. Es importante dotar a los CSSs de información robusta y contrastada sobre el potencial de exposición a NMMs en los escenarios y modos de uso habituales de nanoproductos. A este respecto, es necesario continuar llevando a cabo evaluaciones cuantitativas a pie de obra con objeto de identificar tareas críticas, suministrando a los CSSs con información valiosa para la gestión preventiva de las obras en las que desarrollan su actividad profesional.

3º. Sería interesante y enriquecedor llevar a cabo un análisis comparativo de la situación entre distintos países, estudiando la influencia de las estrategias de cada país sobre el conocimiento de los riesgos de los NMMs, sus aplicaciones y la aplicación de medidas de gestión del riesgo. A este respecto, dado que las actividades presentadas en la presente memoria se circunscriben al territorio nacional, es de interés llevar a cabo nuevas encuestas tanto al personal investigador de centros de ámbito europeo e internacional como a CSS que ejercen su actividad en los países de la UE. Todo ello permitiría definir líneas estratégicas para la mejora de las políticas de la UE en materia de Seguridad y Salud en el trabajo con NMMs en general y, en particular, en sector de la construcción.

4º. Por último, es necesario abordar de una forma integral, tal y como se ha hecho en la presente memoria, el resto de las etapas del ciclo de vida de los NMMs en el sector de la construcción: fabricación industrial de nanoproductos, transporte y gestión de los residuos. Esta información sería de gran ayuda para conocer de forma global y completa los riesgos que implica el uso de NMMs en el sector.

CAPÍTULO 11

PUBLICACIONES Y PREMIOS



11. CAPÍTULO 11: PUBLICACIONES Y PREMIOS

2017

Artículo:

Nanosafety practices results from a national survey at research facilities. Journal of Nanoparticle Research, 19(5) pp169.

2016

Capítulo de libro:

A vision for Occupational Risk Prevention by researchers in Nanoscience not exposed to nanomaterials. Taylor & Francis. SHO 2016 International Symposium on Occupational Safety and Hygiene.

Premio:

Premio en la categoría de Investigación, en la XVII Edición de Los Premios Europeos de la Arquitectura Técnica a la Seguridad en la Construcción. Consejo General de la Arquitectura Técnica. Dotado con 3.000 €.

Congreso Internacional:

Diaz-Soler, Beatriz Maria; Martinez-Aires, Maria Dolores; Lopez-Alonso, Monica. Health risks related to nanomaterials used in cementitious materials marketed. 12th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene of Portuguese Society of Occupational Safety and Hygiene(SHO2016). Guimaraes,. PORTUGAL. MAR 23-24, 2016. Páginas: 67-69
Fecha de publicación: 2016.

2015

Artículo:

Diaz Soler, BM, Martínez Aires, MD Emerging risk in the Construction Industry: Recommendations for managing exposure to nanomaterials. DYNA (Colombia), 83 (196), pp.48-54.

Capitulo de libro:

Diaz Soler, BM, Martínez Aires, MD, Martín Morales, M. Safe workplace practices for handling nanowastes: an overview. Taylor & Francis. SHO 2015 International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, pp193-196.

Congreso Internacional:

Díaz Soler, BM, Martínez Aires, MD, López Alonso, M. A review of current nanoproducts in construction industry for concrete. III International Congress on Construction and Building Research (COINVEDI).

Díaz Soler, BM, López Alonso, M, Martínez Aires, MD A survey of health and safety practices in the Spanish research laboratories studying nanomaterials. Workingonsafety.net WOS. 8th Internanational conference-proceedings, Porto (Portugal).

Díaz Soler, BM, López Alonso, M, Martínez Aires, MD. Use of nanoproducts in construction industry a SWOT-PEST model. 19th International Congress on Project Management and Engineering, Granada.

Díaz Soler, BM, Martínez Aires, MD Life Cycle Assessment of Nanomaterials in Construction Industry an overview. 9th International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials - Resource Efficiency in Construction.

Díaz Soler, BM, Martínez Aires, MD El uso de los nanomateriales en la Construcción. Beneficios y riesgos. Congreso Internacional sobre Investigación en Construcción y Tecnología Arquitectónicas (CONSTEC).

Díaz-Soler, Beatriz Maria; Martinez-Aires, Maria Dolores; Lopez-Alonso, Monica Review of control measures exposure to Nanomaterials in construction site. 11th International Symposium on Occupational Safety and Hygiene (SHO2015) Ubicación:.. Guimaraes, PORTUGAL F. 97-99 Fecha de publicación: 2015

CAPÍTULO 12

REFERENCIAS



12. CAPÍTULO 12: REFERENCIAS

AECOM, 2014. The blue book: property and construction handbook international edition.

Agencia de desarrollo empresarial del Gobierno Vasco (SPRI), 2013. Grupo SPRI. Boletín Oficial del Estado 2013.

Aitken, R.J., Creely, K.S., Tran, C.L., 2004. Research Report 274. Nanoparticles: An Occupational Hygiene Review .

Alistair Gibb, Wendy Jones, Chris Goodier, Phil Bust, Mo Song & Jie Jin, 2018. Nanotechnology in construction and demolition: What we know, what we don't. 9, 55DOI: 10.1080/20450249.2018.1470405.

ANEC/BEUC, 2015. ANEC/BEUC Inventory of products claiming to contain nanoparticles available on the EU market. 2013.

ANEC/BEUC, 2013. ANEC/BEUC Inventory of products claiming to contain nanoparticles available on the EU market.

Asbach, C., 2015. Exposure Measurement at Workplaces.

Asbach, C., Alexander, C., Clavaguera, S., Dahmann, D., Dozol, H., Faure, B., Fierz, M., Fontana, L., Iavicoli, I., Kaminski, H., MacCalman, L., Meyer-Plath, A., Simonow, B., van Tongeren, M., Todea, A.M., 2017. Review of measurement techniques and methods for assessing personal exposure to airborne nanomaterials in workplaces. *Sci. Total Environ.* 603, 793-806DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.049.

Asbach, C., Kaminski, H., Von Barany, D., Kuhlbusch, T.A.J., Monz, C., Dziurawitz, N., Pelzer, J., Vossen, K., Berlin, K., Dietrich, S., Goetz, U., Kiesling, H., Schierl, R., Dahmann, D., 2012. Comparability of Portable Nanoparticle Exposure Monitors. *Ann. Occup. Hyg.* 56, 606-621DOI: 10.1093/annhyg/mes033.

Aschberger, K., Kloslova, Z., Falck, G., Christensen, F.M., 2013. Defining Occupational and Consumer Exposure Limits for Nanomaterials - First Experiences from REACH Registrations. *Nanosafe 2012: International Conferences on Safe Production and use of Nanomaterials* 429, 012069DOI: 10.1088/1742-6596/429/1/012069.

Azarmi, F., Kumar, P., Mulheron, M., Colaux, J.L., Jeynes, C., Adhami, S., Watts, J.F., 2015. Physicochemical characteristics and occupational exposure to coarse, fine and ultrafine particles during building refurbishment activities. *Journal of Nanoparticle Research* 17DOI: 10.1007/s11051-015-3141-z.

Azong-Wara, N., Asbach, C., Stahlmecke, B., Fissan, H., Kaminski, H., Plitzko, S., Bathen, D., Kuhlbusch, T.A.J., 2013. Design and experimental evaluation of a new nanoparticle thermophoretic personal sampler. *Journal of Nanoparticle Research* 15, UNSP 1530DOI: 10.1007/s11051-013-1530-8.

Bai, Y., Zhang, Y., Zhang, J., Mu, Q., Zhang, W., Butch, E.R., Snyder, S.E., Yan, B., 2010. Repeated administrations of carbon nanotubes in male mice cause reversible testis damage without affecting fertility. *Nat. Nanotechnol.* 5, 683-689DOI: 10.1038/nnano.2010.153.

Balas, F., Arruebo, M., Urrutia, J., Santamaria, J., 2010. Reported nanosafety practices in research laboratories worldwide. *Nature Nanotechnology* 5, 93-96DOI: 10.1038/nnano.2010.1.

Baron, M., 2015. Safe handling of nano materials and other advanced materials at workplaces.

Basinas, I., Jimenez, A.S., Galea, K.S., Tongeren, M.v., Hurley, F., 2018. A Systematic Review of the Routes and Forms of Exposure to Engineered Nanomaterials. *Annals of work exposures and health* 62, 639-662DOI: 10.1093/annweh/wxy048.

BAuA, 2014. Nanorama-Baustelle. 2014.

Bergamaschi, E., 2009. Occupational exposure to nanomaterials: Present knowledge and future development. *Nanotoxicology* 3, 194-201DOI: 10.1080/17435390903037038.

Bergamaschi, E., Poland, C., Canu, I.G., Prina-Mello, A., 2015. The role of biological monitoring in nano-safety. *Nano Today* 10, 274-277DOI: 10.1016/j.nantod.2015.02.001.

Berkeley City Council, 2006. The Manufactured Nanoscale Health and Safety Ordinance. , Section 15.12.040.

Bocconi, F., Ferrante, R., Tombolini, F., Lega, D., Antonini, A., Alvino, A., Pingue, P., Beltram, F., Sorba, L., Piazza, V., Gemmi, M., Porcari, A., Iavicoli, S., 2018. Workers' Exposure to Nano-Objects with Different Dimensionalities in R&D Laboratories: Measurement Strategy and Field Studies. *International Journal of Molecular Sciences* 19, 349DOI: 10.3390/ijms19020349.

Boutou-Kempf, O., 2010. Feasibility of an Epidemiological Surveillance System for Workers Occupationally Exposed to Engineered Nanomaterials.

Bouwmeester, H., Lynch, I., Marvin, H.J.P., Dawson, K.A., Berges, M., Braguer, D., Byrne, H.J., Casey, A., Chambers, G., Cliff, M.J.D., Elia, G., Fernandes, T.F., Fjellsbo, L.B., Hatto, P., Juillerat, L., Klein, C., Kreyling, W.G., Nickel, C., Riediker, M., Stone, V., 2011. Minimal analytical characterization of engineered nanomaterials needed for hazard assessment in biological matrices. *Nanotoxicology* 5, 1-11DOI: 10.3109/17435391003775266.

British Standards Institution (BSI), 2007. PD 6699-2: Guide to safe handling and disposal of manufactured nanomaterials.

Brouwer, D.H., Spaan, S., Roff, M., Smeuwenhoek, A., Tuinman, I., Goede, H., van Duuren-Stuurman, B., Filon, F.L., Bello, D., Cherrie, J.W., 2016. Occupational dermal exposure to nanoparticles and nano-enabled products: Part 2, exploration of exposure processes and methods of assessment. *Int. J. Hyg. Environ. Health* DOI: 10.1016/j.ijheh.2016.05.003.

Brun, E., Op de Beeck, R., Van Herpe, S., Isotalo, L., Laamanen, I., Blotière, C., Guimon, M., Mur, J.M., Orthen, B., Wagner, E., Flaspöler, E., Reinert, D., Galwas, M., Poszniak, M., Carreras, E., Guardino, X., Solans, X., 2008. European Risk Observatory Report - Expert Forecast on Emerging Chemical Risks Related to Occupational Safety and Health. Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg.

Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2013. Unidad de vigilancia de la Salud y Medicina del Trabajo CSIC (Madrid). 2013.

Cherrie, J.W., 1999. The effect of room size and general ventilation on the relationship between near and far-field concentrations. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 14, 539-46 DOI: 10.1080/104732299302530.

CIPR - Commission Internationale pour la protection Radiobiologique, 1994. Publication 66: Human Respiratory Tract model for Radiological Protection, in Anonymous, Oxford, pp. 482.

Clark, K., van Tongeren, M., Christensen, F.M., Brouwer, D., Nowack, B., Gottschalk, F., Micheletti, C., Schmid, K., Gerritsen, R., Aitken, R., Vaquero, C., Gkanis, V., Housiadas, C., Lopez de Ipina, J.M., Riediker, M., 2012. Limitations and information needs for engineered nanomaterial-specific exposure estimation and scenarios: recommendations for improved reporting practices. *Journal of Nanoparticle Research* 14, 970 DOI: 10.1007/s11051-012-0970-x.

Consejería de Empleo de la Junta de Andalucía, 2005. DECRETO 166/2005, de 12 de julio, por el que se crea el Registro de Coordinadores y Coordinadoras en materia de seguridad y salud, con formación preventiva especializada en las obras de construcción, de la Comunidad Autónoma de Andalucía. , Boletín número 151.

Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid, 1999. Decreto 33/1999, de 25 de febrero, por el que se crean el Registro y el fichero manual y el fichero automatizado de datos de carácter personal de técnicos competentes para desarrollar funciones de coordinador en materia de seguridad y salud en las obras de Construcción de la Comunidad de Madrid. , BOCM nº 83, de 9 de abril.

Consellería de Trabajo y Bienestar de Galicia, 2008. Decreto 153/2008, de 24 de abril, por el que se crea el Registro de coordinadores y coordinadoras en materia de seguridad y salud en las obras de construcción, , DOG núm. 145, de 29 de julio.

Conti, J.A., Killpack, K., Gerritzen, G., Huang, L., Mircheva, M., Delmas, M., Harthorn, B.H., Appelbaum, R.P., Holden, P.A., 2008. Health and safety practices in the nanomaterials workplace: Results from an international survey. *Environ. Sci. Technol.* 42, 3155-3162DOI: 10.1021/es702158q.

Cooper, M.R., West, G.H., Burrelli, L.G., Dresser, D., Griffin, K.N., Segrave, A.M., Perrenoud, J., Lippy, B.E., 2017. Inhalation exposure during spray application and subsequent sanding of a wood sealant containing zinc oxide nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 14, 510-522DOI: 10.1080/15459624.2017.1296237.

Cornelissen, R.T.M., Samwel-Luijt, M., Vervoort, M.B.H.J., Hoeneveld, D., 2014. Use of Engineered Nanomaterials in Dutch Academic Research Settings. *Sofokles* .

Council of the European Union, 1992. DIRECTIVE 92/57/EEC of 24 June 1992 on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile.

CPI, 2018. Consumer Products Inventory.

Cushing, B.L., Kolesnichenko, V.L., O'Connor, C.J., 2004. Recent advantages in the liquid-phase syntheses of inorganic nanoparticles. *Chemical Reviews* 104, 3893-3946.

Datta, K., 2006. Current knowledge about nanotechnology safety. 2006 Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium, Vols 1 and 2 , 70-74.

Debia, M., Bakhiyi, B., Ostiguy, C., Verbeek, J.H., Brouwer, D.H., Murashov, V., 2016. A Systematic Review of Reported Exposure to Engineered Nanomaterials. *Ann. Occup. Hyg.* 60, 916-935DOI: 10.1093/annhyg/mew041.

Demou, E., Stark, W.J., Hellweg, S., 2009. Particle Emission and Exposure during Nanoparticle Synthesis in Research Laboratories. *Ann. Occup. Hyg.* 53, 829-838DOI: 10.1093/annhyg/mep061.

Der Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, 2016. Nanoproduktdatenbank. 2017.

Dimitrijevic, D., 2010. Dangers of nanotechnology: Potential fire concerns and safety frameworks. *Int. J. Emerg. Manage.* 7, 249-257DOI: 10.1504/IJEM.2010.037009.

Ding, Y., Stahlmecke, B., Kaminski, H., Jiang, Y., Kuhlbusch, T.A.J., Riediker, M., 2016. Deagglomeration testing of airborne nanoparticle agglomerates: Stability analysis under

varied aerodynamic shear and relative humidity conditions. *Aerosol Science and Technology* 50, 1253-1263 DOI: 10.1080/02786826.2016.1216072.

ECETOC, 2014. Addendum to TR114: Technical Basis for the TRA v3.1 . 124.

ECHA, 2016b. Guidance on information requirements and chemical safety assessment, chapter R.14: occupational exposure Assessment. R14.

ECHA, 2012. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.15: Consumer exposure estimation. R15.

eLCOSH Nano, 2014. eLCOSH Nano Products categories. 2017.

e-nanomapper, 2018. A Database and Ontology Framework for Nanomaterials Design and Safety Assessment .

Engeman, C.D., Baumgartner, L., Carr, B.M., Fish, A.M., Meyerhofer, J.D., Satterfield, T.A., Holden, P.A., Harthorn, B.H., 2012. Governance implications of nanomaterials companies' inconsistent risk perceptions and safety practices. *Journal of Nanoparticle Research* 14 DOI: 10.1007/s11051-012-0749-0.

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2014a. Observatorio Europeo de Riesgos. 2014.

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2014b. Priorities for occupational safety and health research in Europe for the years 2013–2020.

European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), 2009. Previsiones de los expertos sobre los riesgos químicos emergentes en relación con la seguridad y la salud en el trabajo. Facts 84.

European Chemicals Agency, 2015. Guidance on the compilation of safety data sheets.

European Commission, 2014. Guidance on the protection of the health and safety of workers from the potential risks related to nanomaterials at work. Employment, Social Affairs & Inclusion .

European Commission, 2013. High-Level Expert Group on Key Enabling Technologies. 2013.

European Commission, 2012. Types and uses of nanomaterials accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee on the Second Regulatory Review on Nanomaterials. Commission Staff Working Paper .

European Commission, 2011. Recomendación de la Comisión de 18 de Octubre de 2011 relativa a la definición de nanomaterial. Diario Oficial de la Union Europea .

European Commission, 2008. Reglamento (CE) nº 1272/2008, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, DO L 353 de 31.12.2008. Diario Oficial de la Unión Europea .

European Commission, 2006. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC. Official Journal of the European Union L 396 , 1-849.

European Commission, 2005a. Evaluation website of the Directorates. General Development, External Relations and EuropaAid. Evaluation methods for the European Union's external assistance .

European Commission, 2005b. Social values, Science and Technology, Special Eurobarometer .

European NanoBusiness Association, 2005. The European NanoBusiness Survey. The European NanoBusiness Association .

Eurostat, 2010. The EU-27 construction sector: from boom to gloom - Issue number 7/2010.

Fadeel, B., Farcas, L., Hardy, B., Vazquez-Campos, S., Hristozov, D., Marcomini, A., Lynch, I., Valsami-Jones, E., Alenius, H., Savolainen, K., 2018. Advanced tools for the safety assessment of nanomaterials. *Nature Nanotechnology* 13, 537-543DOI: 10.1038/s41565-018-0185-0.

Fatkhutdinova, L.M., Khaliullin, T.O., Vasil'yeva, O.L., Zalyalov, R.R., Mustafin, I.G., Kisin, E.R., Birch, M.E., Yanamala, N., Shvedova, A.A., 2016. Fibrosis biomarkers in workers exposed to MWCNTs. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 299, 125-131DOI: 10.1016/j.taap.2016.02.016.

Fissan, H., Neumann, S., Trampe, A., Pui, D.Y.H., Shin, W.G., 2007. Rationale and principle of an instrument measuring lung deposited nanoparticle surface area. *Journal of Nanoparticle Research* 9, 53-59DOI: 10.1007/s11051-006-9156-8.

Fito-Lopez, C., Domat-Rodriguez, M., Van Tongeren, M., Spankie, S., 2016. Nanoparticle Release in Indoor Workplaces: Emission Sources, Release Determinants and Release Categories Based on Workplace Measurements, in Viana, M. (Ed.), *Indoor and Outdoor*

Nanoparticles: Determinants of Release and Exposure Scenarios. Springer International Publishing, Cham, pp. 93-126.

Foss Hansen, S., Heggelund, L.R., Revilla Besora, P., Mackevica, A., Boldrín, A., Baun, A., 2016. Nanoproducts - What is actually available to European consumers? *Environ. Sci. Nano* 3, 169-180 DOI: 10.1039/c5en00182j.

Froggett, S.J., Clancy, S.F., Boverhof, D.R., Canady, R.A., 2014. A review and perspective of existing research on the release of nanomaterials from solid nanocomposites. *Part. Fibre Toxicol.* 11, 17 DOI: 10.1186/1743-8977-11-17.

Fundación Prevent, 2012. Exposición a nanopartículas en España. Revisión Bibliográfica.

Gálvez, V., Tanarro, C., 2010. Toxicología de las nanopartículas. *Seguridad y Salud en el Trabajo* 56, 6-12.

Gao, N., Zhang, Q., Mu, Q., Bai, Y., Li, L., Zhou, H., Butch, E.R., Powell, T.B., Snyder, S.E., Jiang, G., Yan, B., 2011. Steering carbon nanotubes to scavenger receptor recognition by nanotube surface chemistry modification partially alleviates NF κ B activation and reduces its immunotoxicity. *ACS Nano* 5, 4581-4591 DOI: 10.1021/nn200283g.

Gatoo, M.A., Naseem, S., Arfat, M.Y., Dar, A.M., Qasim, K., Zubair, S., 2014. Physicochemical Properties of Nanomaterials: Implication in Associated Toxic Manifestations. *Biomed Research International* , 498420 DOI: 10.1155/2014/498420.

Gerritzen, G., Huang, L., Killpack, K., Murcheva, M., Conu, J., 2006a. A review of Current Practices in the Nanotechnology Industry.

Gerritzen, G., Huang, L., Killpack, K., Murcheva, M., Conu, J., 2006b. Review of Safety Practices in the Nanotechnology Industry. Phase One Report: Current Knowledge and Practices Regarding Environmental Health and Safety in the Nanotechnology Workplace.

Gibbs, L.M., Lamba, F., Stoxkmeier, B.C., Kojola, W., 2012. General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories.

Gibb, Alistair & Jones, Wendy & Goodier, Chris & Bust, Phil & Song, Mo & Jin, Jie. (2018). Nanotechnology in construction and demolition: What we know, what we don't. *Construction Research and Innovation*. 9. 55-58. 10.1080/20450249.2018.1470405.

Gibson, R., Stacey, N., Drais, E., Wallin, H., Zatorski, W., 2012. Risk perception and risk communication with regard to nanomaterials in the workplace. DOI: 10.2802/93075.

Groso, A., Petri-Fink, A., Magrez, A., Riediker, M., Meyer, T., 2010. Management of nanomaterials safety in research environment. *Particle and Fibre Toxicology* 7.

Groso, A., Petri-Fink, A., Rothen-Rutishauser, B., Hofmann, H., Meyer, T., 2016. Engineered nanomaterials: toward effective safety management in research laboratories. *Journal of Nanobiotechnology* 14, 21DOI: 10.1186/s12951-016-0169-x.

Heim, M., Kasper, G., Reischl, G.P., Gerhart, C., 2004. Performance of a new commercial electrical mobility spectrometer. *Aerosol Science and Technology* 38, 3-14DOI: 10.1080/02786820490519252.

Helland, A., Scheringer, M., Siegrist, M., Kastenholz, H.G., Wiek, A., Scholz, R.W., 2008. Risk assessment of engineered nanomaterials: A survey of industrial approaches. *Environmental Science and Technology* 42, 640-646.

Hernandez-Moreno, S., Solache de la Torre, S.C., 2017. Nano-Technological Products in Architecture and Construction. *Holos* 33, 35-51DOI: 10.15628/holos.2017.5497.

Hincapie, I., Caballero-Guzman, A., Hiltbrunner, D., Nowack, B., 2015. Use of engineered nanomaterials in the construction industry with specific emphasis on paints and their flows in construction and demolition waste in Switzerland. *Waste Manage.* 43, 398-406DOI: 10.1016/j.wasman.2015.07.004.

NIH, 2014. Nanotechnology Safety and Health Program.

Hoet, P.H.M., Bruske-Hohlfeld, I., Salata, O.V., 2004. Nanoparticles: Known and Unknown Health Risks. *Journal of of Nanobiotechnology* .

Imhof, C., Clark, K., Meyer, T., Schmid, K., Riediker, M., 2015. Research and development-where people are exposed to nanomaterials. *Journal of Occupational Health* 57, 179-188DOI: 10.1539/joh.14-0189-FS.

Inshakova, E., Inshakov, O., 2017. World market for nanomaterials: structure and trends. *International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment (Icmtmte 2017)* 129, 02013DOI: 10.1051/mateconf/201712902013.

INSST, 2017. Exposición potencial a nanomateriales en el sector de la construcción.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2016. Riesgos derivados de la exposición a nanomateriales en distintos sectores: Automoción. Documentos Técnicos .

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2015a. Riesgos derivados de la exposición a nanomateriales en distintos sectores: Construcción. Documentos Técnicos .

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2015b. Seguridad Y Salud En El Trabajo Con Nanomateriales, Madrid.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2013. Nota Técnica de Prevención. 2013.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 2012. Guía técnica del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), 1994. Óxido de Aluminio. Fichas Internacionales de Seguridad Química ICSC: 0351.

International Labour Organization, 2013. Safety and health in the use of chemicals at work. 2013 .

International Organization for Standardization (ISO), 2011. ISO TS 8004-4:2011 Nanotechnologies - Vocabulary - Part 4: Nanostructured Materials.

International Organization for Standardization (ISO), 2008. ISO/TR 12885: Nanotechnologies, Health and Safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies.

International Organization for Standardization (ISO), 1999. ISO 3252:1999 Powder metallurgy - Vocabulary.

IOSH, 2017a. Nanotechnology in construction and demolition. Guidance for industry.

Italcementi Group, 2014. TX Active Products. 2014.

Jacquet, F., 2012. Repérage des salariés potentiellement exposés aux nanoparticules. *Références en santé au travail*. 132.

Jefatura del Estado, 1999. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. , BOE núm. 266 de 06 de Noviembre de 1999.

Jimenez-Sanchez, A., van-Tongeren, M., 2017. Assessment of Human Exposure to ENMs. *Adv. Exp. Med. Biol.* 947, 27-40DOI: 10.1007/978-3-319-47754-1_2.

Jones, W., Gibb, A., Goodier, C., Bust, P., 2017. Managing the unknown – Addressing the potential health risks of nanomaterials in the built environment. *Construction Management and Economics* 35.

Jones, W., Gibb, A., Goodier, C., Bust, P., Song, M., Jin, J., 2016. Nanomaterials in construction – what is being used, and where? *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials* , 1-14DOI: 10.1680/jcoma.16.00011.

Kaluza, S., Kleine, J., Orthen, B., Honnert, B., Jankowsha, E., Pietrowski, P., Gracia, M., Tanarro, C., Tejedor, J., Zugasti, A., 2008. Workplace exposure to nanoparticles.

Kaminski, H., Kuhlbusch, T.A.J., Rath, S., Götz, U., Sprenger, M., Wels, D., Polloczek, J., Bachmann, V., Dziurawitz, N., Kiesling, H., Schwiegelshohn, A., Monz, C., Dahmann, D., Asbach, C., 2013. Comparability of mobility particle sizers and diffusion chargers. *J. Aerosol Sci.* 57, 156-178DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaerosci.2012.10.008>.

Karin Aschberger, Hubert Rauscher, Hugues Crutzen, Kirsten Rasmussen, Frans M. Christensen, Birgit Sokull - Klüttgen, Hermann Stamm, 2014. Considerations on information needs for nanomaterials in consumer products.

Keller, A.A., McFerran, S., Lazareva, A., Suh, S., 2013. Global life cycle releases of engineered nanomaterials. *J. Nanopart. Res.* 15, UNSP 1692DOI: 10.1007/s11051-013-1692-4.

Kermanizadeh, A., Balharry, D., Wallin, H., Loft, S., Moller, P., 2015. Nanomaterial translocation-the biokinetics, tissue accumulation, toxicity and fate of materials in secondary organs-a review. *Crit. Rev. Toxicol.* 45, 837-872DOI: 10.3109/10408444.2015.1058747.

Khanna, P., Ong, C., Bay, B.H., Baeg, G.H., 2015. Nanotoxicity: An Interplay of Oxidative Stress, Inflammation and Cell Death. *Nanomaterials* 5, 1163-1180DOI: 10.3390/nano5031163.

Kim, J., Yu, I.J., 2016. National Survey of Workplaces Handling and Manufacturing Nanomaterials, Exposure to and Health Effects of Nanomaterials, and Evaluation of Nanomaterial Safety Data Sheets. *Biomed Research International* , 8389129DOI: 10.1155/2016/8389129.

Kim, T., Kim, M., Park, H., Shin, U.S., Gong, M., Kim, H., 2012. Size-dependent cellular toxicity of silver nanoparticles. *Journal of Biomedical Materials Research Part a* 100A, 1033-1043DOI: 10.1002/jbm.a.34053.

Kristensen HV, Hansen SV, Holm GR, 2010. Nanopartikler i arbejdsmiljøet—Viden Og Inspiration Om Håndtering Af Nanomaterialer. Teknologisk Institut, Center for Arbejdsliv, Copenhagen, Denmark.

Kuhlbusch, T.A.J., Wijnhoven, S.W.P., Haase, A., 2018. Nanomaterial exposures for worker, consumer and the general public. *Nanoimpact* 10, 11-25DOI: 10.1016/j.impact.2017.11.003.

Kumar, P., Mulheron, M., Som, C., 2012. Release of ultrafine particles from three simulated building processes. *Journal of Nanoparticle Research* 14, 771DOI: 10.1007/s11051-012-0771-2.

Landeta R., J., 1999. El Método Delphi, Primera ed. Editorial Ariel, S.A., Barcelona.

Larraza, Í, Pina, R., López, J., Vaquero, C., Hargreaves, B., Hazebrouck, B., Oroz, T., Salaza, C., 2015. Best practice guide for risk prevention in relation with manufactured nanomaterials in the construction sector SPD4.

Lee, J.H., Kuk, W.K., Kwon, M., Lee, J.H., Lee, K.S., Yu, I.J., 2013. Evaluation of information in nanomaterial safety data sheets and development of international standard for guidance on preparation of nanomaterial safety data sheets. *Nanotoxicology* 7, 338-345DOI: 10.3109/17435390.2012.658095.

Lee, J.S., Choi, Y.C., Shin, J.H., Lee, J.H., Lee, Y., Park, S.Y., Baek, J.E., Park, J.D., Ahn, K., Yu, I.J., 2015. Health surveillance study of workers who manufacture multi-walled carbon nanotubes. *Nanotoxicology* 9, 802-811DOI: 10.3109/17435390.2014.978404.

Lee, M., Lim, S., Kim, C., 2007. Preparation, characterization and in vitro cytotoxicity of paclitaxel-loaded sterically stabilized solid lipid nanoparticles. *Biomaterials* 28, 2137-2146DOI: 10.1016/j.biomaterials.2007.01.014.

Lekas, D., Lifset, R., Rejeski, D., 2006. Nanotechnology Startup Concerns, Information Needs, and Opportunities to Proactively Address Environmental, Health, and Social Issues. Focus on firms in Connecticut and New York.

Liao, H., Chung, Y., Lai, C., Lin, M., Liou, S., 2014. Sneezing and Allergic Dermatitis were Increased in Engineered Nanomaterial Handling Workers. *Ind. Health* 52, 199-215DOI: 10.2486/indhealth.2013-0100.

LimeSurvey, 2016. LimeSurvey.

Lindberg, J., Quinn, M., 2007. A Survey of Environmental, Health and Safety Risk Management Information Needs and Practices among Nanotechnology Firms in the Massachusetts Region.

Lindberg, H.K., Falck, G.C., Suhonen, S., Vippola, M., Vanhala, E., Catalán, J., Savolainen, K., Norppa, H., 2009. Genotoxicity of nanomaterials: DNA damage and micronuclei induced by carbon nanotubes and graphite nanofibres in human bronchial epithelial cells in vitro. *Toxicol. Lett.* 186, 166-173DOI: 10.1016/j.toxlet.2008.11.019.

LINSINGER Thomas, ROEBBEN Gert, GILLILAND Douglas, CALZOLAI LUIGI, ROSSI Francois, GIBSON Peter, KLEIN Christoph, 2012. Requirements on measurements for the implementation of the European Commission definition of the term 'nanomaterial'. *JRC73260*DOI: 10.2787/63995.

Liou, S.H., Tsai, C.S.J., Pelclova, D., Schubauer-Berigan, M.K., Schulte, P.A., 2015. Assessing the first wave of epidemiological studies of nanomaterial workers. *J. Nanopart. Res.* 17DOI: 10.1007/s11051-015-3219-7.

Liu, H., Chen, C., Chen, G., Lee, L., Chen, H., 2012. Relationship between indium exposure and oxidative damage in workers in indium tin oxide production plants. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 85, 447-453 DOI: 10.1007/s00420-011-0688-6.

Lu, X., Jin, T., Jin, Y., Wu, L., Hu, B., Tian, Y., Fan, X., 2013. Toxicogenomic analysis of the particle dose- and size-response relationship of silica particles-induced toxicity in mice. *Nanotechnology* 24, 015106 DOI: 10.1088/0957-4484/24/1/015106.

Mann, S., 2006. *Nanotechnology and Construction*. European Nanotechnology Gateway .

Marjamaki, M., Keskinen, J., Chen, D.R., Pui, D.Y.H., 2000. Performance evaluation of the electrical low-pressure impactor (ELPI). *J. Aerosol Sci.* 31, 249-261 DOI: 10.1016/S0021-8502(99)00052-X.

Martinez-Aires, M.D., Rubio Gamez, M.C., Gibb, A., 2016. The impact of occupational health and safety regulations on prevention through design in construction projects: Perspectives from Spain and the United Kingdom. *Work* 53, 181-191 DOI: 10.3233/WOR-152148.

Maynard, A.D., Kuempel, E.D., 2005. Airborne nanostructured particles and occupational health. *Journal of Nanoparticle Research* 7, 587-614.

Mihalache, R., Verbeek, J., Graczyk, H., Murashov, V., van Broekhuizen, P., 2017. Occupational exposure limits for manufactured nanomaterials, a systematic review. *Nanotoxicology* 11, 7-19 DOI: 10.1080/17435390.2016.1262920.

Ministerio de Empleo y Seguridad Social, 2016. *Anuario de Estadísticas 2016*. Empresas Inscritas en la Seguridad Social (EMP).

Ministerio de la Presidencia, 2003. 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.

Ministerio de la Presidencia, 2001. 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. , BOE nº 104 01-05-2001.

Ministerio de la Presidencia, 1997. Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. BOE-A-1997-22614, BOE-A-1997-22614.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2006. Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1995. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE-A-1995-24292 , BOE-A-1995-24292.

MMFX Steel Corporation of America, 2014. MMFX PRODUCT INFORMATION JANUARY 2014. 2014.

Monopoli, M.P., Aberg, C., Salvati, A., Dawson, K.A., 2012. Biomolecular coronas provide the biological identity of nanosized materials. *Nature Nanotechnology* 7, 779-786DOI: 10.1038/NNANO.2012.207.

Mu, Q., Jiang, G., Chen, L., Zhou, H., Fourches, D., Tropsha, A., Yan, B., 2014. Chemical Basis of Interactions Between Engineered Nanoparticles and Biological Systems. *Chem. Rev.* 114, 7740-7781DOI: 10.1021/cr400295a.

Musazzi, U.M., Marini, V., Casiraghi, A., Minghetti, P., 2017. Is the European regulatory framework sufficient to assure the safety of citizens using health products containing nanomaterials? *Drug Discov. Today* 22, 870-882DOI: 10.1016/j.drudis.2017.01.016.

Nanocyl, 2009. Responsible Care and Nanomaterials Case Study Nanocyl, Praga.

NANoREG, 2017. NANoREG –A common European approach to the regulatory testing of Manufactured Nanomaterials.

Nanotechnology Products Database (NPD), 2017. Construction. 2017.

Nasterlack, M., Zober, A., Oberlinner, C., 2008. Considerations on occupational medical surveillance in employees handling nanoparticles. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81, 721-726DOI: 10.1007/s00420-007-0245-5.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2011. Occupational Exposure to Titanium Dioxide. *Current Intelligence Bulletin* 63.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2010. Occupational exposure to carbon nanotubes and nanofibers. *Curr Intell Bull* 161-A, 1-149.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2009. Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles.

Navya, P.N., Daima, H.K., 2016. Rational engineering of physicochemical properties of nanomaterials for biomedical applications with nanotoxicological perspectives. *Nano convergence* 3, 1-1DOI: 10.1186/s40580-016-0064-z.

NEPHH'S CONSORTIUM, 2012. Guidelines for responsible management of waste nanomaterials.

Ng, M.G., de Poot, S., Schmid, K., Cowie, H., Semple, S., van Tongeren, M., 2013. Properties of Liquids and Dusts: How do They Influence Dermal Loading During Immersion, Deposition, and Surface Contact Exposure Pathways? *Ann. Occup. Hyg.* 57, 627-639 DOI: 10.1093/annhyg/mes101.

Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J., 2005a. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental Health Perspectives* , 173-179 DOI: 10.1289/ehp.7339.

Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., Carter, J., Karn, B., Kreyling, W., Lai, D., Olin, S., Monteiro-Riviere, N., Warheit, D., Yang, H., 2005b. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. ILSI Research Foundation/Risk Science Institute Nanomaterial Toxicity Screening Working Group 2, 8.

Oberdörster, G., Oberdörster, E., Oberdörster, J., 2005. Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environ. Health Perspect.* 113, 823-839.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2010. Introduction to Nanomaterials and Occupational Safety and Health. SH-21008-10-60-F-48.

OECD, 2017. Strategies, techniques and sampling protocols for determining the concentrations of manufactured nanomaterials in air at the workplace. ENV/JM/MONO(2017)30.

Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2017. Alternative testing strategies in risk assessment of manufactured nanomaterials: current state. Environment directorate joint meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals, pesticides and biotechnology Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 80.

Organisation for Economic and Co-operation and Development (OECD), 2015. Harmonized tiered approach to measure and assess the potential exposure to airborne emissions of engineered nano-objects and their agglomerates and aggregates at workplaces.

Ostiguy, C., Roberge, B., Ménard, L., Endo, C.A., 2009. Best Practices guide to Synthetic nanoparticle Risk Management . Studies and Research Projects REPORT R-599.

Pacheco-Torgal, F., Jalali, S., 2011. Nanotechnology: Advantages and drawbacks in the field of construction and building materials. *Constr. Build. Mater.* 25, 582-590 DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2010.07.009.

Palomaki, J., Valimaki, E., Sund, J., Vippola, M., Clausen, P.A., Jensen, K.A., Savolainen, K., Matikainen, S., Alenius, H., 2011. Long, Needle-like Carbon Nanotubes and Asbestos

Activate the NLRP3 Inflammasome through a Similar Mechanism. *Acs Nano* 5, 6861-6870 DOI: 10.1021/nn200595c.

Park, J., Joo, J., Kwon, S.G., Jang, Y., Hyeon, T., 2007. Synthesis of monodisperse spherical nanocrystals. *Angewandte Chemie-International Edition* 46, 4630-4660 DOI: 10.1002/anie.200603148.

Pastoriza-Santos, I., Liz-Marzan, L.M., 2002. Synthesis of silver nanoprisms in DMF. *Nano Letters* 2, 903-905 DOI: 10.1021/nl025638i.

Pauluhn, J., 2010. Multi-walled carbon nanotubes (Baytubes (R)): Approach for derivation of occupational exposure limit. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 57, 78-89 DOI: 10.1016/j.yrtph.2009.12.012.

Pelclova, D., Barosova, H., Kukutschova, J., Zdimal, V., Navratil, T., Fenclova, Z., Vlckova, S., Schwarz, J., Zikova, N., Kacer, P., Komarc, M., Belacek, J., Zakharov, S., 2015. Raman microspectroscopy of exhaled breath condensate and urine in workers exposed to fine and nano TiO₂ particles: a cross-sectional study. *Journal of Breath Research* 9, 036008 DOI: 10.1088/1752-7155/9/3/036008.

Pelclova, D., Zdimal, V., Kacer, P., Komarc, M., Fenclova, Z., Vlckova, S., Zikova, N., Schwarz, J., Makes, O., Navratil, T., Zakharov, S., Bello, D., 2017. Markers of lipid oxidative damage among office workers exposed intermittently to air pollutants including nanoTiO₂ particles. *Rev. Environ. Health* 32, 193-200 DOI: 10.1515/reveh-2016-0030.

Phantoms Fundations, 2012. Nanoscience and nanotechnology in Spain.

Pietrojusti, A., Campagnolo, L., Fadeel, B., 2013. Interactions of Engineered Nanoparticles with Organs Protected by Internal Biological Barriers. *Small* 9, 1557-1572 DOI: 10.1002/smll.201201463.

Poole, C.P., Owens, F.J., 2007. "Introducción a la Nanotecnología".

Pritchard, D.K., 2004. Literature review. Explosion hazards associated with nanopowders. 2013.

Ricaud, M., Witschger, O., 2012. Les nanomatériaux: définitions, risques toxicologiques, caractérisation de l'exposition professionnelle et mesures de prevention.

Rosell, M.G., Pujol, L., 2008. Nota Técnica de Prevención 797: Riesgos asociados a la nanotecnología.

Sanz, F., 2013. Estudio sobre riesgos laborales emergentes en el sector de la construcción. Revisión bibliográfica.

Savolainen, K., Alenius, H., Norppa, H., Pylkkanen, L., Tuomi, T., Kasper, G., 2010. Risk assessment of engineered nanomaterials and nanotechnologies-A review. *Toxicology* 269, 92-104DOI: 10.1016/j.tox.2010.01.013.

Scaffold, 2015a. FP7 project Scaffold' s results: a summary.

Scaffold, 2015b. Scaffold guides, tools, reports.

Scheuplein, R.J., 1967. Mechanism of percutaneous absorption. II. Transient diffusion and the relative importance of various routes of skin penetration. *J. Invest. Dermatol.* 48, 79-88.

Schmid, K., Danuser, B., Riediker, M., 2010. Nanoparticle Usage and Protection Measures in the Manufacturing Industry-A Representative Survey. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 7, 224-232DOI: 10.1080/15459621003609127.

Schmid, K., Riediker, M., 2008. Use of nanoparticles in Swiss industry: A targeted survey. *Environ. Sci. Technol.* 42, 2253-2260DOI: 10.1021/es071818o.

Schulte, P., Geraci, C., Zumwalde, R., Hoover, M., Castranova, V., Kuempel, E., Murashov, V., Vainio, H., Savolainen, K., 2008. Sharpening the focus on occupational safety and health in nanotechnology. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health* 34, 471-478.

Schulte, P., Geraci, C., Zumwalde, R., Hoover, M., Kuempel, E., 2008. Occupational risk management of engineered nanoparticles. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 5, 239-249DOI: 10.1080/15459620801907840.

Secretaría de Política Sindical de UGT de Catalunya - Salut laboral, 2011. Cuaderno preventivo: la nanotecnología un riesgo emergente. ARA Previsió .

Serena, P.A., 2010. ¿Qué Sabemos De? La Nanotecnología., Primera ed. Los Libros de la Catarata, Madrid.

Shin, W.G., Pui, D.Y.H., Fissan, H., Neumann, S., Trampe, A., 2007. Calibration and numerical simulation of nanoparticle surface area monitor (TSI model 3550 NSAM). *Journal of Nanoparticle Research* 9, 61-69DOI: 10.1007/s11051-006-9153-y.

Shukla, R.K., Kumar, A., Gurbani, D., Pandey, A.K., Singh, S., Dhawan, A., 2013. TiO₂ nanoparticles induce oxidative DNA damage and apoptosis in human liver cells. *Nanotoxicology* 7, 48-60DOI: 10.3109/17435390.2011.629747.

Silva, F., Arezes, P., Swuste, P., 2016. Systematic design analysis and risk management on nanoparticles occupational exposure. *J. Clean. Prod.* 112, 3331-3341DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.11.001.

Silva, F., Arezes, P., Swuste, P., 2015. Risk assessment in a research laboratory during sol-gel synthesis of nano-TiO₂. *Saf. Sci.* 80, 201-212 DOI: 10.1016/j.ssci.2015.07.010.

Soni, D., Naoghare, P.K., Saravanadevi, S., Pandey, R.A., 2015. Release, Transport and Toxicity of Engineered Nanoparticles. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 234, 1-47 DOI: 10.1007/978-3-319-10638-0_1.

Sotiriou, G.A., Singh, D., Zhang, F., Wohlleben, W., Chalbot, M.G., Kavouras, I.G., Demokritou, P., 2015. An integrated methodology for the assessment of environmental health implications during thermal decomposition of nano-enabled products. *Environmental Science-Nano* 2, 262-272 DOI: 10.1039/c4en00210e.

Sun, Y.G., Gates, B., Mayers, B., Xia, Y.N., 2002. Crystalline silver nanowires by soft solution processing. *Nano Letters* 2, 165-168 DOI: 10.1021/nl010093y.

Sun, Y.G., Xia, Y.N., 2002. Shape-controlled synthesis of gold and silver nanoparticles. *Science* 298, 2176-2179 DOI: 10.1126/science.1077229.

Takagi, A., Hirose, A., Nishimura, T., Fukumori, N., Ogata, A., Ohashi, N., Kitajima, S., Kanno, J., 2008. Induction of mesothelioma in p53^{+/-} mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube. *J. Toxicol. Sci.* 33, 105-116 DOI: 10.2131/jts.33.105.

Tanarro, C., Gálvez, V., 2009. Nanopartículas: ¿un Riesgo Pequeño?. Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Tanarro, C., 2013. Medición de nanopartículas en ambiente. 2013.

Tanarro, C., 2010. Nota Técnica de Prevención 877: Evaluación del riesgo por exposición a nanopartículas mediante el uso de metodologías simplificadas.

Teizer, J., Venugopal, M., Teizer, W., Felkl, J., 2012. Nanotechnology and its impact on construction: Bridging the gap between researchers and industry professionals. *J. Constr. Eng. Manage.* 138, 594-604 DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000467.

The Nanodatabase, 2017. Search Database. 2017.

Theodore, L., Kunz, R.G., 2005. Nanotechnology: Environmental Implications and Solutions,. Wiley, New York.

Tielemans, E., Warren, N., Fransman, W., Van Tongeren, M., McNally, K., Tischer, M., Ritchie, P., Kromhout, H., Schinkel, J., Schneider, T., Cherrie, J.W., 2011. Advanced REACH Tool (ART): Overview of Version 1.0 and Research Needs. *Ann. Occup. Hyg.* 55, 949-956 DOI: 10.1093/annhyg/mer094.

Väänänen, V., Kanerva, T., Kaisa Viitanen, A., Säämänen, A., Stockmann-Juvala, H., 2014. Innovative strategies, methods and tools for occupational risks management of manufactured nanomaterials (MNMs) in the construction industry. Results of application of the Stoffenmanager nano - Tool in the Construction work area.

Van Broekhuizen, F., Van Broekhuizen, P., 2009. Nano-products in the European Construction Industry.

Van Broekhuizen, P., 2011. Dealing with uncertainties in the nanotech workplace practice: Making the precautionary approach operational. *Journal of Biomedical Nanotechnology* 7, 15-17.

Van Duuren-Stuurman, B., Vink, S.R., Verbist, K.J.M., Heussen, H.G.A., Brouwer, D.H., Kroese, D.E.D., Van Niftrik, M.F.J., Tielemans, E., Fransman, W., 2012. Stoffenmanager Nano Version 1.0: A Web-Based Tool for Risk Prioritization of Airborne Manufactured Nano Objects. *Ann. Occup. Hyg.* 56, 525-541 DOI: 10.1093/annhyg/mer113.

Vance, M.E., Kuiken, T., Vejerano, E.P., McGinnis, S.P., Hochella, M.F., Jr., Rejeski, D., Hull, M.S., 2015. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. *Beilstein Journal of Nanotechnology* 6, 1769-1780 DOI: 10.3762/bjnano.6.181.

van-Wendel-de-Joode, B., Brouwer, D.H., Vermeulen, R., Van Hemmen, J.J., Heederik, D., Kromhout, H., 2003. DREAM: A method for semi-quantitative dermal exposure assessment. *Ann. Occup. Hyg.* 47, 71-87 DOI: 10.1093/annhyg/meg012.

Vaquero, C., Jópez, J., Stockmann, H., Vaananen, V., 2015. Best practice guide for risk assessment of manufactured nanomaterials (MNMs) in the construction sector SPD9. Scaffold .

Verma, A., Stellacci, F., 2010. Effect of Surface Properties on Nanoparticle-Cell Interactions. *Small* 6, 12-21 DOI: 10.1002/smll.200901158.

Vignes, A., Muñoz, F., Bouillard, J., Dufaud, O., Perrin, L., Laurent, A., Thomas, D., 2012. Risk assessment of the ignitability and explosivity of aluminum nanopowders. *Process Safety and Environmental Protection* 90, 304-310 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2011.09.008>.

Wang, Y., Grainger, D.W., 2014. Barriers to advancing nanotechnology to better improve and translate nanomedicines. *Frontiers of Chemical Science and Engineering* 8, 265-275 DOI: 10.1007/s11705-014-1442-x.

Warren, N.D., Marquart, H., Christopher, Y., Laitinen, J., Van Hemmen, J.J., 2006. Task-based dermal exposure models for regulatory risk assessment. *Ann. Occup. Hyg.* 50, 491-503 DOI: 10.1093/annhyg/me1014.

West, G.H., Lippy, B.E., Cooper, M.R., Marsick, D., Burrelli, L.G., Griffin, K.N., Segrave, A.M., 2016. Toward responsible development and effective risk management of nano-enabled products in the US construction industry. *Journal of Nanoparticle Research* 18, 49DOI: 10.1007/s11051-016-3352-y.

Witschger, O., Fabriès, J.F., 2005. Particules ultra-fines et santé au travail 1- caractéristiques et effets potentiels sur la santé. *Hygiène et sécurité du travail - Cahiers de notes documentaires - 2e trimestre 199*, 21-35.

Woodrow Wilson Centre, 2014. *The Project on Emerging Nanotechnologies*. 2017.

Wu, W., Liao, H., Chung, Y., Li, W., Tsou, T., Li, L., Lin, M., Ho, J., Wu, T., Liou, S., 2014. Effect of Nanoparticles Exposure on Fractional Exhaled Nitric Oxide (FENO) in Workers Exposed to Nanomaterials. *International Journal of Molecular Sciences* 15, 878-894DOI: 10.3390/ijms15010878.

Zalk, D.M., Paik, S.Y., Swuste, P., 2009. Evaluating the Control Banding Nanotool: a qualitative risk assessment method for controlling nanoparticle exposures. *Journal of Nanoparticle Research* 11, 1685-1704DOI: 10.1007/s11051-009-9678-y.

Zhang, C., Zhang, J., Wang, G., 2014. Current safety practices in nano-research laboratories in China. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 14, 4700-4705DOI: 10.1166/jnn.2014.8649.

Zhang, M., Jin, J., Chang, Y., Chang, X., Xing, G., 2014. Toxicological Properties of Nanomaterials. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 14, 717-729DOI: 10.1166/jnn.2014.9198.

Zhang, Y., Banerjee, S., Yang, R., Lungu, C., Ramachandran, G., 2009. Bayesian Modeling of Exposure and Airflow Using Two-Zone Models. *Ann. Occup. Hyg.* 53, 409-424DOI: 10.1093/annhyg/mep017.

Zimmerman, N., Pollitt, K.J.G., Jeong, C., Wang, J.M., Jung, T., Cooper, J.M., Wallace, J.S., Evans, G.J., 2014. Comparison of three nanoparticle sizing instruments: The influence of particle morphology. *Atmos. Environ.* 86, 140-147DOI: 10.1016/j.atmosenv.2013.12.023.

CAPÍTULO 13

ANEXOS



13. CAPÍTULO 13: ANEXOS

13.1. ENCUESTA ETAPA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

0-Initial discrimination

0 Do you work directly or indirectly with NMMs?

Please select only one of the following options. Just answer the rest of the questions if you answered "Yes"

Yes

No

1-General Data

1 With what nanotechnology field research does your activity related?

Please check the options that apply:

- Agriculture & Feeding
- Biotechnology and sensors
- Chemistry, synthesis and catalysis
- Construction
- Cosmetics and sport
- Defense
- Energy and Electronics
- Environmental
- Fotonic
- Materials Science
- Medicine and Pharmacy
- Microscopy and instrumental
- Research and Academic
- Transport
- Textiles
- Others research fields

2 What type of organizations do you belong to?

Please select only one of the following options:

- Cooperative Research Centre
- Public Research Agency
- University

3 To your knowledge, how many workers in your workplace are potentially exposed to NMMs?

Please select only one of the following options:

- ≤50
- 51 < x ≤ 250
- >251
- N/A

4 Check the NMMs you work with.

Please check the options that apply:

- Ag
- Al₂O₃
- Au
- BaTiO₃
- CaCO₃
- Carbon black
- Ceo₂
- CNT
- Dendrimers
- Fe
- Fullerene
- Graphene
- MWCNT
- Nanoclays
- Nanoparticles and organic compounds
- Polymers not polystyrene
- Polystyrene
- Quantum dots
- SiO₂&Si
- TiO₂
- ZnO
- Other NMMs
- Others transition metals

5 Indicate the characteristics of the NMMs you work with.

Please check the options that apply:

- NMMs fixed in a solid matrix or embedded on a surface
- Solid and freely mobile NMMs
- Suspended NMMs
- N/A

6 Indicate the amount of NMMs that you can hand at once

Please select only one of the following options:

- ≤ 1mg
- 1mg<x<10mg
- 11 mg<x≤99mg
- ≥1g
- N/A

7 Indicate your potential exposure frequency to NMMs per month

Please select only one of the following options:

- ≤ 30h
- 30h<x≤90h
- 90h<x≤210h
- N/A

2-Administrative control

8 Indicate about what topic you have received information or training

Please check the options that apply:

- Properly treatment of nanowastes
- Technical control measures to control the exposure to NMMs
- Personal protective equipment (PPE) to protect from exposure to NMMs
- Risks posed by NMMs
- None of the above

9 Indicate best practices you perform in workplace

Please check the options that apply:

- Avoid consuming food and drinks
- Avoid sudden movements in the area of exposure to nanomaterials
- Avoid touching exposed contaminated parts directly
- Consider the operating temperature of electrical equipment
- Cleaning operations by suction with HEPA filter
- Collecting spills with absorbent materials
- Enveloping nanomaterials with a protective layer (polymers/salts)
- Operations, cleaning with wet sweeping system and/or wet wipes
- Pay attention to possible wear of personal protection measures
- Shower and change clothes in the work place at the end of the work day
- Signalling
- Storing clothes and protective gear used in a closed bag
- Treat nanowastes as hazardous wastes
- Wash hands when leaving work
- Work processes in liquid medium/wet processes
- Others safe practices
- No safe practices or N/A

10 Indicate how nanowastes (any type of waste containing NMMs) are treated

Please check the options that apply:

- Hazardous
- Non hazardous
- Not generated nanowastes or N/A

3-Technical control measures

11 Indicate technical control measures applied in your organization to control exposure to NMMs

Please check the options that apply:

- Ventilation by fume hoods
- Air-conditioning/heating systems and ventilation and extraction systems for differentiated areas
- Room with negative or positive pressure
- Ventilation by dilution
- Work processes in glove box or glove bags
- Work processes in furnaces/reactors/systems
- None or N/A

4-Individual protections

12 Indicate what personal protective equipment (PPE) is used at work to protect yourself from exposure to NMMs

Please check the options that apply for hands:

- Double gloves if exposure is prolonged
- Neoprene gloves
- Nitrile gloves
- Latex gloves
- PVC gloves
- Others
- None or N/A

Please check the options that apply for eyes and face:

- Safety glasses universal mount
- Tight-fitting safety goggles
- Full face piece
- Others
- None or N/A

Please check the options that apply for airways:

- Disposable filter mask FFP2
- Disposable filter mask FFP3
- Full face mask with external air supplier team
- Respirator with filter full face mask
- Respirator with half face mask
- Others
- None or N/A

Please check the options that apply for body:

- Hood or protective cap
- Overshoe shoe covers
- Protective hooded coverall and HDPE socks
- Protective coverall without hood and HDPE socks
- Others
- None or N/A

5-Health and safety

13 Do you think your safe, risk of fire and explosion, can be affected by working with NMMs?

Please select only one of the following options:

- Yes
 No or N/A

14 Do you think your health, risk of toxicity, can be affected by working with NMMs?

Please select only one of the following options:

- Yes
 No or N/A

15 Indicate if you aware of performance of EMNs hygienic monitoring.

Please select only one of the following options:

- Yes
 No

16 Indicate if you aware of performance of risk assessment including nanorisks.

Please select only one of the following options:

- Yes
 No

17 Have you been given any specific medical examination, testing or screening for exposure to nanomaterials?

Please select only one of the following options:

- Yes
 No
 N/A

18 Are you aware of any work-related accidents involving nanomaterials?

Please select only one of the following options:

- Yes
 No
 N/A

13.2. ENCUESTA ETAPA PUESTA EN OBRA

1. Do you know nano-enabled construction products? Please select only one of the following options:

Yes No N/A

1.1 Indicate the nano-enabled construction products that you know. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 1: [Yes]

Coatings, primers, paints, polishes and additives Solid prefab element: stone, ceramics, glass, plastics, blanket/fill insulation
 Cement based materials and additives Others
 Adhesives

2. In the construction projects that you participated in, were nano-enabled construction products used? Please select only one of the following options:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 1: [Yes]

Yes No N/A

2.1 Indicate the nano-enabled construction products used in your construction projects. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 1: [Yes] + Question 2: [Yes]

Coatings, primers, paints, polishes and additives Solid prefab element: stone, ceramics, glass, plastics, blanket/fill insulation
 Cement based materials and additives Others
 Adhesives

2.2 Indicate which operations were performed with nano-enabled construction products. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 2: [Yes]

Management of products with nanomaterials: reception, mixing and preparation of the material, etc.
 Implementation of products with nanomaterials: application or spraying of paints, coatings, insulation or waterproofing products, etc.
 Mechanical operations on constructive elements formed by nanomaterials: cutting, sanding, drilling, demolition, etc.
 Others:

3 Have you worked as a Coordinator for Safety and Health at the project preparations stage? Please select only one of the following options:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 2: [Yes]

Yes No

3.1 In the Basic Safety and Health Study or Study, have occupational hazards related to the use of nano-enabled construction products been identified? Please select only one of the following options:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 3: [Yes]

Yes No

3.2 Indicate the occupational hazards identified in the Basic Safety and Health Study or Study related to the use of nano-enabled construction products. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 3.1: [Yes]

Risk of exposure to harmful or toxic substance
 Risk of fire and explosion
 Others:

3.3 In the Basic Safety and Health Study or Study, what preventive measures and technical protections were identified to control and reduce risks related to the use of nano-enabled construction products? Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 3.1: [Yes]

- Preferably perform work with a wet method
- Preferably use hand tools or low speed portable equipment
- Use equipment with built-in dust collection and suction systems or mobile suction units with HEPA-type filters
- Placement of the worker in front of the source of emission considering the direction of the wind
- Use of containment bubbles or glove bags
- Limit the presence of workers to the minimum necessary
- Signalling
- Personal hygiene measures
- Maintenance of work equipment and extraction and ventilation equipment
- Treat nanowastes as hazardous
- Protection for airways
- Protection for skin
- Protection for eyes
- None
- Others:

4 Have you worked as a Coordinator for Safety and Health at the project execution stage? Please select only one of the following options:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 2: [Yes]

- Yes
- No

4.1 In any of your construction works have been identified occupational hazards related to the use of nano-enabled construction products? Please select only one of the following options:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 4: [Yes]

- Yes
- No

4.2 Indicate the risks that were evaluated in the Plan or Health and Safety Plans related to the use of nano-enabled construction products. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 4.1: [Yes]

- Risk of exposure to harmful or toxic substance
- Risk of fire and explosion
- Others:

4.3 Indicate the aspects identified in the Safety and Health Plan specifically in relation to the use of nano-enabled construction products. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 4.1: [Yes]

- Establishment of strategies for sampling and measurement of exposure
- Description of working procedures in which preventive and protective measures are integrated.
- How to carry out the control of preventive measures
- Information and training of workers in preventive matters
- Health surveillance
- Emergency measures
- Incorporation of preventive appeal
- Measures to control risks arising from the number of companies in the same phase: meetings, documentation to be exchanged and channels of information
- None
- Others:

4.4 What preventive measures and technical protections were identified to control and reduce the risks associated with the use of nano-enabled construction products? Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

→ Scenario 1: Question 4.1: [Yes] + Question 4.3: [Option marked: Description of working procedures in which preventive and protective measures are integrated]

- Preferably perform work with a wet method
- Preferably use hand tools or low speed portable equipment

- Use equipment with built-in dust collection and suction systems or mobile suction units with HEPA-type filters
- Placement of the worker in front of the source of emission considering the direction of the wind
- Use of containment bubbles or glove bags
- Limit the presence of workers to the minimum necessary
- Signalling
- Personal hygiene measures
- Maintenance of work equipment and extraction and ventilation equipment
- Treat nanowastes as hazardous
- Protection for airways
- Protection for dermal
- Protection for eyes
- None
- Others:

5 Point out the occupational hazards you are aware of relating to the use of nano-enabled construction products. Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

- Scenario 1: Question 2: [No or N/A] + Question 4.3: [Option marked: Description of working procedures in which preventive and protective measures are integrated]
- Scenario 2: Question 3: [No] + Question 4: [No]
- Scenario 3: Question 3: [No] + Question 4: [Yes] + Question 4.1: [No]
- Scenario 4: Question 3: [Yes] + Question 3.1 [No] + Question 4: [No]
- Scenario 5: Question 3: [Yes] + Question 3.1 [No] + Question 4: [Yes] + Question 4.1: [No]

- Risk of exposure to harmful or toxic substance
- Risk of fire and explosion
- None
- Others:

6 What preventive measures and technical protection do you know to control and reduce risks associated with the use of nano-enabled construction products? Please check all that apply:

Just answer this question if all following conditions of some scenario are met:

- Scenario 1: Question 2: [No or N/A] + Question 5: [Option marked: None]
- Scenario 2: Question 3: [No] + Question 4: [No] + Question 5: [≠ None]
- Scenario 3: Question 3: [No] + Question 4: [Yes] + Question 4.1: [No] + Question 5: [≠ None]
- Scenario 4: Question 3: [Yes] + Question 3.1: [No] + Question 4 [No] + Question 5: [≠ None]
- Scenario 5: Question 3: [Yes] + Question 3.1: [No] + Question 4 [Yes] + Question 4.1: [No] + Question 5: [≠ None]

- Preferably perform work with a wet method
 - Preferably use hand tools or low speed portable equipment
 - Use equipment with built-in dust collection and suction systems or mobile suction units with HEPA-type filters
 - Placement of the worker in front of the source of emission considering the direction of the wind
 - Use of containment bubbles or glove bags
 - Limit the presence of workers to the minimum necessary
 - Signalling
 - Personal hygiene measures
 - Maintenance of work equipment and extraction and ventilation equipment
 - Treat nanowastes as hazardous
 - Protection for airways
 - Protection for skin
 - Protection for eyes
 - None
 - Others:
 - None
-

13.3. HOJAS DE DATOS MODELOS CUALITATIVOS

Ficha 1. Evaluación del riesgo en el lijado de plancha metálica del reactor mediante el uso de Control Banding Nanotool

Step 1: Initial description
<ul style="list-style-type: none"> • Name or description of nanomaterial: Niquel
<ul style="list-style-type: none"> • CAS number:7440-02-0
<ul style="list-style-type: none"> • Activity classification
<input type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media <input type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media during pouring or mixing operations or where agitation is involved <input type="checkbox"/> Generating nanoparticles in the gas phase <input type="checkbox"/> Handling nanoparticles in powder form <input type="checkbox"/> Maintaining equipment and processes used to produce or fabricate nanomaterials <input type="checkbox"/> Clean-up of spills or waste material <input type="checkbox"/> Cleaning of dust collection systems used to capture nanoparticles <input checked="" type="checkbox"/> Machining, sanding, drilling, or other mechanical disruptions of materials containing nanoparticles <input type="checkbox"/> Other activities that can result in potential exposure to nanomaterials
Step 2: Parent material
Toxicity parent material
<input checked="" type="checkbox"/> 1 ppm or mg/m3 <input type="checkbox"/> 10-100 ppm or mg/m3 <input type="checkbox"/> 100-5000 ppm or mg/m3 <input type="checkbox"/> > 5000 ppm or mg/m3 <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
Reproductive hazard?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Mutagen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Dermal hazard?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Asthmagen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
Step 3: Nanoscale material
Surface reactivity
<input type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low <input checked="" type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Particle shape
<input type="checkbox"/> Tubular or fibrous

<input type="checkbox"/> Compact or spherical <input type="checkbox"/> Anisotropic <input checked="" type="checkbox"/> Unknown
• Particle diameter (nm)
<input type="checkbox"/> 1-10 nm <input type="checkbox"/> 11-40 nm <input checked="" type="checkbox"/> > 40 nm <input type="checkbox"/> Unknown
• Solubility
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Carcinogen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Reproductive hazard?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Mutagen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Dermal hazard?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Asthmagen?
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
• Severity score- band
<input type="checkbox"/> Very high <input checked="" type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low
Step 4: Activity
• Estimated maximum amount of chemical used in one day (mg)
<input checked="" type="checkbox"/> > 100 mg <input type="checkbox"/> 11 – 100 mg <input type="checkbox"/> 0 – 10 mg <input type="checkbox"/> Unknown
• Dustiness
<input checked="" type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Unknown
• Number of Employees with Similar Exposure
<input checked="" type="checkbox"/> 1-5 <input type="checkbox"/> 6-10

<input type="checkbox"/> 11-15 <input type="checkbox"/> > 15 <input type="checkbox"/> Unknown
• Frequency of Operation (annual)
<input type="checkbox"/> Yearly <input checked="" type="checkbox"/> Monthly <input type="checkbox"/> Weekly <input type="checkbox"/> Daily <input type="checkbox"/> Unknown
• Operation Duration (per shift)
<input type="checkbox"/> > 4 hr <input type="checkbox"/> 1-4 hr <input type="checkbox"/> 30-60 min <input checked="" type="checkbox"/> < 30 min <input type="checkbox"/> Unknown
• Probability score-band
<input type="checkbox"/> Extremely unlikely <input type="checkbox"/> Less likely <input checked="" type="checkbox"/> Likely <input type="checkbox"/> Probable
Step 5: Results
• Overall Risk Level Without Controls
<input type="checkbox"/> RL1 <input type="checkbox"/> RL2 <input checked="" type="checkbox"/> RL3 <input type="checkbox"/> RL4
• Recommended Engineering Control Based on Risk Level
<input type="checkbox"/> General ventilation <input type="checkbox"/> Fume hood or local exhaust ventilation <input checked="" type="checkbox"/> Containment <input type="checkbox"/> Seek specialist advice

Ficha 2. Evaluación del riesgo en la aplicación del recubrimiento fotocatalítico con rodillo mediante el uso de Control Banding Nanotool

Step 1: Initial description	
• Name or description of nanomaterial:	nanoTiO₂
• CAS number:	1317-70-0
• Activity classification	
<input checked="" type="checkbox"/>	Working with nanomaterials in liquid media
<input type="checkbox"/>	Working with nanomaterials in liquid media during pouring or mixing operations or where agitation is involved
<input type="checkbox"/>	Generating nanoparticles in the gas phase
<input type="checkbox"/>	Handling nanoparticles in powder form
<input type="checkbox"/>	Maintaining equipment and processes used to produce or fabricate nanomaterials
<input type="checkbox"/>	Clean-up of spills or waste material
<input type="checkbox"/>	Cleaning of dust collection systems used to capture nanoparticles
<input type="checkbox"/>	Machining, sanding, drilling, or other mechanical disruptions of materials containing nanoparticles
<input type="checkbox"/>	Other activities that can result in potential exposure to nanomaterials
Step 2: Parent material	
Toxicity parent material	
<input checked="" type="checkbox"/>	10 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	10-100 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	100-5000 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	> 5000 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Carcinogen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
Reproductive hazard?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Mutagen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Dermal hazard?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Asthmagen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
Step 3: Nanoscale material	
Surface reactivity	
<input checked="" type="checkbox"/>	High
<input type="checkbox"/>	Medium
<input type="checkbox"/>	Low
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Particle shape	
<input type="checkbox"/>	Tubular or fibrous
<input checked="" type="checkbox"/>	Compact or spherical
<input type="checkbox"/>	Anisotropic

<input type="checkbox"/> Unknown
• Particle diameter (nm)
<input type="checkbox"/> 1-10 nm
<input type="checkbox"/> 11-40 nm
<input type="checkbox"/> > 40 nm
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown
• Solubility
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Carcinogen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Reproductive hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Mutagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dermal hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Asthmagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Severity score- band
<input type="checkbox"/> Very high
<input type="checkbox"/> High
<input checked="" type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
Step 4: Activity
• Estimated maximum amount of chemical used in one day (mg)
<input type="checkbox"/> > 100 mg
<input type="checkbox"/> 11 – 100 mg
<input checked="" type="checkbox"/> 0 – 10 mg
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dustiness
<input type="checkbox"/> High
<input type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
<input checked="" type="checkbox"/> None
<input type="checkbox"/> Unknown
• Number of Employees with Similar Exposure
<input checked="" type="checkbox"/> 1-5
<input type="checkbox"/> 6-10
<input type="checkbox"/> 11-15
<input type="checkbox"/> > 15

<input type="checkbox"/> Unknown
• Frequency of Operation (annual)
<input type="checkbox"/> Yearly <input type="checkbox"/> Monthly <input type="checkbox"/> Weekly <input checked="" type="checkbox"/> Daily <input type="checkbox"/> Unknown
• Operation Duration (per shift)
<input type="checkbox"/> > 4 hr <input type="checkbox"/> 1-4 hr <input type="checkbox"/> 30-60 min <input checked="" type="checkbox"/> < 30 min <input type="checkbox"/> Unknown
• Probability score-band
<input checked="" type="checkbox"/> Extremely unlikely <input type="checkbox"/> Less likely <input type="checkbox"/> Likely <input type="checkbox"/> Probable
Step 5: Results
• Overall Risk Level Without Controls
<input checked="" type="checkbox"/> RL1 <input type="checkbox"/> RL2 <input type="checkbox"/> RL3 <input type="checkbox"/> RL4
• Recommended Engineering Control Based on Risk Level
<input checked="" type="checkbox"/> General ventilation <input type="checkbox"/> Fume hood or local exhaust ventilation <input type="checkbox"/> Containment <input type="checkbox"/> Seek specialist advice

Ficha 3. Estimación de la exposición en la aplicación de recubrimiento fotocatalítico con rodillo mediante el uso de ART Tool para liquid.

Step 1: Primary Emission Source			
• Chemical Name: TiO₂			
• CAS number: 1317-70-0			
• Name of activity: Aplicación de recubrimiento fotocatalítico con rodillo			
• Frequency of activity minutes: 2			
Step 2: Product type of the substance/preparation			
• What is the temperature of the liquid in the process? Or if the process temperature of the liquid is not precisely known, pick one of the categories below.			
<input type="checkbox"/> (0 ≤ process temperature ≤ 150 °C):	<input type="checkbox"/> Hot processes (50-150 °C). <input type="checkbox"/> Above room temperature (25-50 °C). <input type="checkbox"/> Below room temperature (<15 °C).	<input checked="" type="checkbox"/> Room temperature (15-25°C).	
• If known, what is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at this process temperature? Pa.		• What is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at room temperature?	
<input type="checkbox"/> 37,5 <boiling temperature <300:	<input type="checkbox"/> Do not known.	<input type="checkbox"/> 300 ≤boiling temperature < 2727,0 °C:	<input type="checkbox"/> ≤10Pa :__ <input checked="" type="checkbox"/> >11Pa :__
• What is the viscosity of the substance/preparation?		• What is the viscosity of the substance/preparation?	• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture?: 1
<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).		<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).	
• If the vapour pressure at process temperature is not known, what is the boiling temperature of the substance in the liquid of interest (in °C)? (7,5 < boiling temperature ≤ 2727,0 °C)		• What is the weight fraction of the substance in the liquid mixture? Or if the weight fraction is not precisely known, pick one of the categories below.	
• What is the mole fraction of the substance in the liquid mixture? If the mole fraction is unknown, assume that this is the same as the weight fraction of the substance in the liquid mixture is not precisely known, pick one of the categories below.		<input type="checkbox"/> __ (0,0 < liquid weight fraction ≤ 1,0)	
<input type="checkbox"/> (0,0 < liquid mole fraction ≤ 1,0):	<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%). <input type="checkbox"/> Main component (50-90%). <input type="checkbox"/> Substantial (10-50%).	<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%). <input type="checkbox"/> Minor (5-10%). <input checked="" type="checkbox"/> Small (1-5%).	

<input type="checkbox"/> Minor (5-10%). <input type="checkbox"/> Small (1-5%). <input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%). <input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%). <input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).	<input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%). <input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%). <input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).	
• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture? (One method for estimating activity coefficient for liquid mixtures is using the UNIFAC method). The default value is set at 1: (0,001 ≤ activity coefficient ≤ 1000,0)		
• Is the primary emission source located in the breathing zone of the worker (i.e. the volume of air within 1 metre in any direction of the worker's head)?		
X Yes	<input type="checkbox"/> No	
• Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area?		
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation		
• Is the worker separated from the emission source(s) by means of a personal enclosure around the worker (e.g. cabin)?		
<input type="checkbox"/> Partial personal enclosure without ventilation <input type="checkbox"/> Partial personal enclosure with ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation		
Step 3: Configure Activity		
• To which activity class does your activity belong?		
<input type="checkbox"/> Spray application of liquids.	<input type="checkbox"/> Activities with open liquid surfaces or open reservoirs.	X Spreading of liquid products.
<input type="checkbox"/> Handling of contaminated objects.	<input type="checkbox"/> Application of liquids in high speed processes (e.g. rotating tools).	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid products.
• Activity Subclass:		Activity Subclass:
<input type="checkbox"/> Surface spraying of liquids.	<input type="checkbox"/> Spraying of liquids	<input type="checkbox"/> Activities with undisturbed surfaces (no
<input type="checkbox"/> Falling liquids.	<input type="checkbox"/> Bottom loading	.

	in space.	a aerosol formation). <input type="checkbox"/> Activities with agitated surfaces.				
• What is the level of containment of the process?						
			<input type="checkbox"/> > 90 % of surface.	<input type="checkbox"/> Open process: no separation between process and worker.		
			<input type="checkbox"/> 10-90 % of surface.	<input type="checkbox"/> Handling that reduces contact between product and adjacent air.		
			<input type="checkbox"/> < 10 % of surface.			
• Situation represent activity:						
<input type="checkbox"/> High application rate (>3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Large scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface >3m ² .	<input checked="" type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces >3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface >3 m ²).	<input type="checkbox"/> Large-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: > 1000 l/min.
<input checked="" type="checkbox"/> Moderate application rate (0.3-3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Small scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface 1-3m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 1-3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 1-3 m ²).	<input type="checkbox"/> Small-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 100 - 1000 l/min.
<input type="checkbox"/> Low application rate (0.03-0.3 l/minute).		<input type="checkbox"/> Open surface 0.3-1m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.3-1m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.3-1m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 10 - 100 l/min.
<input type="checkbox"/> Very low application rate (<0.03 l/minute)		<input type="checkbox"/> Open surface 0.1-0.3 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.1-0.3 m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.1-0.3 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 1 - 10 l/min.
		<input type="checkbox"/> Open surface <0.1 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces <0.1m ² / h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface < 0.1 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 0.1 - 1 l/min.
						<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: < 0.1 l/min.
What is the spray direction?						

<input type="checkbox"/> Spraying in any direction (including upwards). <input type="checkbox"/> Only horizontal or downward spraying. <input type="checkbox"/> Downward only.					
What is the spray technique?					
<input type="checkbox"/> Spraying with high compressed air use <input type="checkbox"/> Spraying with no or low compressed air use					

Step 4: Controls

• Are there any control measures in close proximity of the near-field emission source intended to minimise emissions from the source?

<input checked="" type="checkbox"/> No localised controls	<input type="checkbox"/> Suppression techniques	<input type="checkbox"/> Containment-no extraction	<input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation (LEV)	<input type="checkbox"/> Glove boxes and glove bags.	<input type="checkbox"/> Vapour recovery systems.
	• Type:	• Type:	• Type:	• Type:	
	<input type="checkbox"/> Knockdown suppression.	<input type="checkbox"/> Low level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: canopy hoods.	<input type="checkbox"/> Glove boxes.	<input type="checkbox"/> Glove bags.
	<input type="checkbox"/> Wetting at point release.	<input type="checkbox"/> Medium level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: other receiving hoods.	• Type:	• Type:
		<input type="checkbox"/> High level containment.	<input type="checkbox"/> Capturing hoods: movable.	<input type="checkbox"/> Low specification.	<input type="checkbox"/> Non ventilated.
			<input type="checkbox"/> Capturing hoods: fixed.	<input type="checkbox"/> Medium specification.	<input type="checkbox"/> Ventilated or keep under negative pressure.
			<input type="checkbox"/> Capturing hoods: on tool extraction.	<input type="checkbox"/> High specification / isolator.	

			<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: fume cupboard. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: horizontal downward laminar flow both. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: others. <input type="checkbox"/> Other LEV systems.		
• Is the process fully enclosed and is the integrity of that enclosure regularly monitored?					
<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.			
		• Are demonstrable and effective housekeeping practices in place (e.g. daily cleaning using appropriate methods (e.g. vacuum), preventive maintenance of machinery and control measures, and use of protective clothing that will repel spills and reduce personal cloud)?			
		<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.	
				• Are general housekeeping practices in place?	
				<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.	
• Is the work performed indoors, outdoors or in a spray room or downward laminar flow booth?					
<input checked="" type="checkbox"/> Indoors.	<input type="checkbox"/> Outdoors.	<input type="checkbox"/> Spray room.	<input type="checkbox"/> Downward laminar flow booth.		
• What is the room size of the work area?		• Is the source located close to buildings?		• Type:	
<input type="checkbox"/> Any size workroom. <input type="checkbox"/> Large workrooms only. <input type="checkbox"/> Small workrooms only. <input type="checkbox"/> 30 m ³ <input type="checkbox"/> 100 m ³ <input type="checkbox"/> 300 m ³ <input type="checkbox"/> 1000 m ³ <input checked="" type="checkbox"/> 3000 m ³		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No.		<input type="checkbox"/> Cross flow. <input type="checkbox"/> Down flow.	
				<input type="checkbox"/> No barriers or screen. <input type="checkbox"/> Partial screen. <input type="checkbox"/> Partial screen fitted with glove ports.	

<ul style="list-style-type: none"> • What is the ventilation rate of the general ventilation system in the work area? 		
<input checked="" type="checkbox"/> No restriction on general ventilation characteristics. Only good natural ventilation. <input type="checkbox"/> Mechanical ventilation giving at least 1 ACH. <input type="checkbox"/> Specialised room ventilation with more than 10 ACH. <input type="checkbox"/> 0.3 ACH. <input type="checkbox"/> 1 ACH. <input type="checkbox"/> 3 ACH. <input type="checkbox"/> 10 ACH. <input type="checkbox"/> 30 ACH.		

<ul style="list-style-type: none"> • Are secondary sources present in the workroom in addition to the source in the breathing zone of the worker? 	
<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes.
<ul style="list-style-type: none"> • Carry over near-field inputs? 	
No	
<ul style="list-style-type: none"> • Far Field Secondary Emission Source: repeat and complete step2, step3 and 4 	
<ul style="list-style-type: none"> • Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area? 	
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation	

Step 5: Exposure Predictions

<ul style="list-style-type: none"> • Type of exposure: 	
<input checked="" type="checkbox"/> Full shift.	<input checked="" type="checkbox"/> Long term.
<ul style="list-style-type: none"> • Percentile: 	
<input type="checkbox"/> 50th. <input type="checkbox"/> 75th. <input checked="" type="checkbox"/> 90th. <input type="checkbox"/> 95th. <input type="checkbox"/> 99th.	<input type="checkbox"/> 50th. <input type="checkbox"/> 75th. <input checked="" type="checkbox"/> 90th. <input type="checkbox"/> 95th. <input type="checkbox"/> 99th.
<ul style="list-style-type: none"> • Confidence interval: 	
<input type="checkbox"/> Interquartile. <input type="checkbox"/> 80%. <input type="checkbox"/> 90%. <input checked="" type="checkbox"/> 95%.	<input type="checkbox"/> Interquartile. <input type="checkbox"/> 80%. <input type="checkbox"/> 90%. <input checked="" type="checkbox"/> 95%.
<ul style="list-style-type: none"> • Estimate: 0,46 mg/m3 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimate: 0,4 mg/m3
<ul style="list-style-type: none"> • Confidence Interval: 0,059 mg/m3–5,3 mg/m3 	<ul style="list-style-type: none"> • Confidence Interval: 0,052 mg/m3–5,3 mg/m3

Ficha 4. Evaluación de riesgos por inhalación de aplicación de recubrimiento fotocatalítico con rodillo mediante el uso de Stoffenmanager Nanomodule 1.0. (Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct.).

Step 1: General		
<ul style="list-style-type: none"> Name risk assessment: Aplicación de recubrimiento fotocatalítico con rodillo 		
<ul style="list-style-type: none"> Source domain: 		
<input type="checkbox"/> Release of primary particles during actual synthesis. <input type="checkbox"/> Handling of bulk aggregated/agglomerated nanopowders <input type="checkbox"/> Fracturing and abrasion of MNOs embedded end products	<input checked="" type="checkbox"/> Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct.	
<ul style="list-style-type: none"> Product Type: 		
<input type="checkbox"/> Intermediate <input checked="" type="checkbox"/> Ready to use product		
Step 2: Product characteristics		
<ul style="list-style-type: none"> Product name: Fotoactiva Sol 		
<ul style="list-style-type: none"> Supplier: Nanopinturas 		
<ul style="list-style-type: none"> Date PIS: 		
<ul style="list-style-type: none"> Date MSDS: 18-04-2013 		
<ul style="list-style-type: none"> Product appearance: 		
<input type="checkbox"/> Powder.	<input type="checkbox"/> Granules/flakes.	<input checked="" type="checkbox"/> Particles dispersed in a liquid.
<ul style="list-style-type: none"> Dustiness: 		<ul style="list-style-type: none"> Viscosity of the liquid:
<input type="checkbox"/> Very high (>500mg/kg). <input type="checkbox"/> High (>150- 500mg/kg). <input type="checkbox"/> Medium (50- 150mg/kg). <input type="checkbox"/> Unknown.		<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input checked="" type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil). <input type="checkbox"/> Liquids with high viscosity (like paste, syrup).
<ul style="list-style-type: none"> Moisture content: 		
<input type="checkbox"/> Dry product (<5% moisture content). <input type="checkbox"/> 5-10% moisture content. <input type="checkbox"/> >10% moisture content.		
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact dilution of the product with water? 		
<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 		<ul style="list-style-type: none"> Concentration:
		<input type="checkbox"/> Undiluted <input checked="" type="checkbox"/> Concentrated <input type="checkbox"/> Moderately diluted <input type="checkbox"/> Diluted <input type="checkbox"/> Very diluted <input type="checkbox"/> Extremely diluted
<ul style="list-style-type: none"> Nano Component: nano TiO₂ CAS 1317-70-0 		
<ul style="list-style-type: none"> Name nano component: nano TiO₂ 		
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact concentration of the nano component in the product? 		
<input type="checkbox"/> Yes		<input checked="" type="checkbox"/> No
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 		<ul style="list-style-type: none"> Concentration:
		<input type="checkbox"/> Pure product (100%). <input type="checkbox"/> Main component (50-99%). <input type="checkbox"/> Substantial (10-50%). <input checked="" type="checkbox"/> Small (1-10%). <input type="checkbox"/> Very small (0.01-1%).
<ul style="list-style-type: none"> Does the product contain fibers / fiber like particles? 		
<input type="checkbox"/> Yes		<input checked="" type="checkbox"/> No

	<input type="checkbox"/> Nanoclay <input type="checkbox"/> Polymers <input type="checkbox"/> Nano polystyrene <input type="checkbox"/> Dendrimers		
		<p>• Does the nanoparticle concern crystalline silica/quartz?</p>	<p>• Is the parent material classified with one or more of the following R-phrases: R40, R42, R43, R45, R46, R49, R68?</p>
		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Unknown <input type="checkbox"/> Yes
			<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown
		<p>• Is the primary particle diameter larger than 50 nm?</p>	
		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown.	
<p>• Number of exposed employees: 1</p>			
<p>• Production or usage volume in kg a year:</p>			
<p>• Startdate of period worked with the product:</p>			
<p>• Enddate of period worked with the product:</p>			
<p>• Last update date of additional registration:</p>			
<p>Step 3: Handling / Process</p>			
<p>• Characterize your task</p>			
<input type="checkbox"/> Handling of liquids at high pressure resulting in substantial generation of visible mist or spray/haze <input type="checkbox"/> Handling of liquids on large surface or large workpieces <input checked="" type="checkbox"/> Handling of liquids using low pressure, low speed with large or medium quantities <input type="checkbox"/> Handling of (almost) undisturbed liquids (very low speed), very small quantities (under controlled conditions) of liquids in the tightly closed containers.			
<p>• Duration task</p>			
<input type="checkbox"/> 4 to 8 hours a day. <input type="checkbox"/> 2 to 4 hours a day. <input type="checkbox"/> 0.5 to 2 hours a day. <input checked="" type="checkbox"/> 1 to 30 minutes a day.			
<p>• Frequency task.</p>			
<input checked="" type="checkbox"/> 4 to 5 days a week. <input type="checkbox"/> 2 to 3 days a week. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a week. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day per 2 weeks. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a month. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a year.			
<p>• Is the task being carried out in the breathing zone of an employee (distance head-product <1 meter)?</p>			
<input checked="" type="checkbox"/> Yes.		<input type="checkbox"/> No.	

<ul style="list-style-type: none"> • Is there more than one employee carrying out the same task simultaneously? 	<ul style="list-style-type: none"> • Is the employee situated in a cabin?
<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.	<input type="checkbox"/> The worker does not work in a cabin. <input type="checkbox"/> The worker works in a cabin without specific ventilation system. <input type="checkbox"/> The worker works in a separated (control) room with independent clean air supply.
Step 4: Working area	
<ul style="list-style-type: none"> • Is the working room being cleaned daily? 	
<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.	
<ul style="list-style-type: none"> • Are inspections and maintenance of machines/ancillary equipment being done at least monthly to ensure good condition and proper functioning and performance? 	
<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.	
<ul style="list-style-type: none"> • Volume of the working room: 	
<input type="checkbox"/> <100 m ³ . <input type="checkbox"/> 100-1000 m ³ . <input checked="" type="checkbox"/> >1000 m ³ . <input type="checkbox"/> Work performed outside.	
<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation of the working room. 	
<input checked="" type="checkbox"/> No general ventilation. <input type="checkbox"/> Mechanical or/and natural ventilation. <input type="checkbox"/> Spraying booth.	
Step 5: Local control measures and personal protective equipment	
<ul style="list-style-type: none"> • Local control measures 	
<input checked="" type="checkbox"/> No control measures at the source. <input type="checkbox"/> Use of a product that limit the emission. <input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation. <input type="checkbox"/> Containment of the source. <input type="checkbox"/> Containment of the source with local exhaust ventilation. <input type="checkbox"/> Glove boxes/bags	
<ul style="list-style-type: none"> • Is the employee situated in a cabin? * Answered in step 3. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Is personal protective equipment applied? 	
<input checked="" type="checkbox"/> None. <input type="checkbox"/> Filter mask P2 (FPP2). <input type="checkbox"/> Filter mask P3 (FPP3). <input type="checkbox"/> Half mask respirator with filter, type P2L. <input type="checkbox"/> Half mask respirator with filter, type P3L. <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP1 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP2 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH1. <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH2. <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH3.	
Step 6: Risk assessment	
<ul style="list-style-type: none"> • Hazard class 	
<input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	

• Time weighted exposure class
<input type="checkbox"/> 1
<input checked="" type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 4
• Time weighted risk score
<input type="checkbox"/> I
<input type="checkbox"/> II
<input checked="" type="checkbox"/> III
• Task weighted exposure class
<input type="checkbox"/> 1
<input type="checkbox"/> 2
<input checked="" type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 4
• Task weighted risk score
<input type="checkbox"/> I
<input type="checkbox"/> II
<input checked="" type="checkbox"/> III

Ficha 5. Evaluación del riesgo en esprayado de pintura fotocatalítica con NMS mediante el uso de Control Banding Nanotool

Step 1: Initial description	
• Name or description of nanomaterial: nanoTiO ₂	
• CAS number: 13463-67-7	
• Activity classification	
<input type="checkbox"/>	Working with nanomaterials in liquid media
<input type="checkbox"/>	Working with nanomaterials in liquid media during pouring or mixing operations or where agitation is involved
<input checked="" type="checkbox"/>	Generating nanoparticles in the gas phase
<input type="checkbox"/>	Handling nanoparticles in powder form
<input type="checkbox"/>	Maintaining equipment and processes used to produce or fabricate nanomaterials
<input type="checkbox"/>	Clean-up of spills or waste material
<input type="checkbox"/>	Cleaning of dust collection systems used to capture nanoparticles
<input type="checkbox"/>	Machining, sanding, drilling, or other mechanical disruptions of materials containing nanoparticles
<input type="checkbox"/>	Other activities that can result in potential exposure to nanomaterials
Step 2: Parent material	
Toxicity parent material	
<input checked="" type="checkbox"/>	10 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	10-100 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	100-5000 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	> 5000 ppm or mg/m ³
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Carcinogen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
Reproductive hazard?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Mutagen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Dermal hazard?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Asthmagen?	
<input type="checkbox"/>	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	No
<input type="checkbox"/>	Unknown
Step 3: Nanoscale material	
Surface reactivity	
<input checked="" type="checkbox"/>	High
<input type="checkbox"/>	Medium
<input type="checkbox"/>	Low
<input type="checkbox"/>	Unknown
• Particle shape	
<input type="checkbox"/>	Tubular or fibrous
<input checked="" type="checkbox"/>	Compact or spherical
<input type="checkbox"/>	Anisotropic
<input type="checkbox"/>	Unknown

<ul style="list-style-type: none"> • Particle diameter (nm) <input type="checkbox"/> 1-10 nm <input type="checkbox"/> 11-40 nm <input type="checkbox"/> > 40 nm <input checked="" type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Solubility <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogen? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Reproductive hazard? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Mutagen? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Dermal hazard? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Asthmagen? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Severity score- band <input type="checkbox"/> Very high <input type="checkbox"/> High <input checked="" type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low
Step 4: Activity
<ul style="list-style-type: none"> • Estimated maximum amount of chemical used in one day (mg) <input type="checkbox"/> > 100 mg <input type="checkbox"/> 11 – 100 mg <input checked="" type="checkbox"/> 0 – 10 mg <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Dustiness <input checked="" type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Number of Employees with Similar Exposure <input checked="" type="checkbox"/> 1-5 <input type="checkbox"/> 6-10 <input type="checkbox"/> 11-15 <input type="checkbox"/> > 15 <input type="checkbox"/> Unknown

<ul style="list-style-type: none"> • Frequency of Operation (annual)
<input type="checkbox"/> Yearly <input type="checkbox"/> Monthly <input type="checkbox"/> Weekly <input checked="" type="checkbox"/> Daily <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Operation Duration (per shift)
<input type="checkbox"/> > 4 hr <input type="checkbox"/> 1-4 hr <input type="checkbox"/> 30-60 min <input checked="" type="checkbox"/> < 30 min <input type="checkbox"/> Unknown
<ul style="list-style-type: none"> • Probability score-band
<input type="checkbox"/> Extremely unlikely <input checked="" type="checkbox"/> Less likely <input type="checkbox"/> Likely <input type="checkbox"/> Probable
Step 5: Results
<ul style="list-style-type: none"> • Overall Risk Level Without Controls
<input checked="" type="checkbox"/> RL1 <input type="checkbox"/> RL2 <input type="checkbox"/> RL3 <input type="checkbox"/> RL4
<ul style="list-style-type: none"> • Recommended Engineering Control Based on Risk Level
<input checked="" type="checkbox"/> General ventilation <input type="checkbox"/> Fume hood or local exhaust ventilation <input type="checkbox"/> Containment <input type="checkbox"/> Seek specialist advice

Ficha 6. Estimación de la exposición en Esprayado de pintura fotocatalítica con NMS mediante el uso de ART Tool para liquid.

Step 1: Primary Emission Source			
• Chemical Name: TiO₂			
• CAS number: 13463-67-7			
• Name of activity: Esprayado de pintura fotocatalítica con NMS			
• Frequency of activity minutes: 2			
Step 2: Product type of the substance/preparation			
• What is the temperature of the liquid in the process? Or if the process temperature of the liquid is not precisely known, pick one of the categories below.			
<input type="checkbox"/> (0 ≤ process temperature ≤ 150 °C):	<input type="checkbox"/> Hot processes (50-150 °C).	<input checked="" type="checkbox"/> Room temperature (15-25°C).	
	<input type="checkbox"/> Above room temperature (25-50 °C).		
	<input type="checkbox"/> Below room temperature (<15 °C).		
• If known, what is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at this process temperature? Pa.		• What is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at room temperature?	
<input type="checkbox"/> 37,5 <boiling temperature <300:	<input type="checkbox"/> Do not known.	<input type="checkbox"/> 300 ≤boiling temperature < 2727,0 °C:	<input type="checkbox"/> ≤10Pa :__
			<input checked="" type="checkbox"/> >11Pa :11_
• What is the viscosity of the substance/preparation?		• What is the viscosity of the substance/preparation?	
<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water).		<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water).	
<input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).		<input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).	
		• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture?: 1	
• If the vapour pressure at process temperature is not known, what is the boiling temperature of the substance in the liquid of interest (in °C)? (7,5 < boiling temperature ≤ 2727,0 °C)		• What is the weight fraction of the substance in the liquid mixture? Or if the weight fraction is not precisely known, pick one of the categories below.	
• What is the mole fraction of the substance in the liquid mixture? If the mole fraction is unknown, assume that this is the same as the weight fraction or if the weight fraction of the substance in the liquid mixture is not precisely known, pick one of the categories below.		<input type="checkbox"/> __ (0,0 < liquid weight fraction ≤ 1,0)	
<input type="checkbox"/> (0,0 < liquid mole fraction ≤ 1,0):	<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%).	<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%).	
	<input type="checkbox"/> Main component (50-90%).	<input type="checkbox"/> Minor (5-10%).	
	<input type="checkbox"/> Substantial (10-50%).	<input checked="" type="checkbox"/> Small (1-5%).	
	<input type="checkbox"/> Minor (5-10%).	<input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%).	
	<input type="checkbox"/> Small (1-5%).	<input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%).	
	<input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%).	<input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).	
	<input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%).		

<input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).		
• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture? (One method for estimating activity coefficient for liquid mixtures is using the UNIFAC method). The default value is set at 1: (0,001 ≤ activity coefficient ≤ 1000,0)		
• Is the primary emission source located in the breathing zone of the worker (i.e. the volume of air within 1 metre in any direction of the worker's head)?		
<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No	
• Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area?		
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation		
• Is the worker separated from the emission source(s) by means of a personal enclosure around the worker (e.g. cabin)?		
<input type="checkbox"/> Partial personal enclosure without ventilation <input type="checkbox"/> Partial personal enclosure with ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation		
Step 3: Configure Activity		
• To which activity class does your activity belong?		
<input checked="" type="checkbox"/> Spray application of liquids.	<input type="checkbox"/> Spreading of liquid products.	
<input type="checkbox"/> Activities with open liquid surfaces or open reservoirs.	<input type="checkbox"/> Handling of contaminated objects.	
<input type="checkbox"/> Surface spraying of liquids.	<input type="checkbox"/> Application of liquids in high speed processes (e.g. rotating tools).	
<input type="checkbox"/> Spraying of liquids in a space.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid products.	
• Activity Subclass:		
<input checked="" type="checkbox"/> Surface spraying of liquids.	<input type="checkbox"/> Falling liquids.	
<input type="checkbox"/> Spraying of liquids in a space.	<input type="checkbox"/> Bottom loading.	
<input type="checkbox"/> Activities with undisturbed surfaces (no aerosol formation).	• What is the level of containment of the process?	
<input type="checkbox"/> Activities with agitated surfaces.	<input type="checkbox"/> > 90 % of surface.	<input type="checkbox"/> Open process: no separation between process and worker.

				<input type="checkbox"/> 10-90 % of surface. <input type="checkbox"/> < 10 % of surface.	<input type="checkbox"/> Handling that reduces contact between product and adjacent air.	
• Situation represent activity:						
<input type="checkbox"/> High application rate (>3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Large scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface >3m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces >3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface >3 m ²).	<input type="checkbox"/> Large-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: > 1000 l/min.
<input checked="" type="checkbox"/> Moderate application rate (0.3-3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Small scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface 1-3m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 1-3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 1-3 m ²).	<input type="checkbox"/> Small-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 100 - 1000 l/min.
<input type="checkbox"/> Low application rate (0.03-0.3 l/minute).		<input type="checkbox"/> Open surface 0.3-1m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.3-1m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.3-1m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 10 - 100 l/min.
<input type="checkbox"/> Very low application rate (<0.03 l/minute)		<input type="checkbox"/> Open surface 0.1-0.3 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.1-0.3 m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.1-0.3 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 1 - 10 l/min.
		<input type="checkbox"/> Open surface <0.1 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces <0.1m ² / h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface < 0.1 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 0.1 - 1 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: < 0.1 l/min.
What is the spray direction?						
<input type="checkbox"/> Spraying in any direction (including upwards).						
<input checked="" type="checkbox"/> Only horizontal or downward spraying.						

<input type="checkbox"/> Downward only.						
What is the spray technique?						
<input checked="" type="checkbox"/> Spraying with high compressed air use						
<input type="checkbox"/> Spraying with no or low compressed air use						

Step 4: Controls

• Are there any control measures in close proximity of the near-field emission source intended to minimise emissions from the source?

<input checked="" type="checkbox"/> No localised controls	<input type="checkbox"/> Suppression techniques	<input type="checkbox"/> Containment-no extraction	<input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation (LEV)	<input type="checkbox"/> Glove boxes and glove bags.	<input type="checkbox"/> Vapour recovery systems.
	• Type:	• Type:	• Type:	• Type:	
	<input type="checkbox"/> Knockdown suppression.	<input type="checkbox"/> Low level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: canopy hoods.	<input type="checkbox"/> Glove boxes.	<input type="checkbox"/> Glove bags.
	<input type="checkbox"/> Wetting point release.	<input type="checkbox"/> Medium level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: other receiving hoods.	• Type:	• Type:
		<input type="checkbox"/> High level containment.	<input type="checkbox"/> Capturing hoods: movable.	<input type="checkbox"/> Low specification.	<input type="checkbox"/> Non ventilated.
			<input type="checkbox"/> Capturing hoods: fixed.	<input type="checkbox"/> Medium specification.	<input type="checkbox"/> Ventilated or kept under negative pressure.
			<input type="checkbox"/> Capturing hoods: on tool extraction.	<input type="checkbox"/> High specification / isolator.	
			<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: fume cupboard.		
			<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: horizontal downward laminar flow both.		
			<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: others.		

<input type="checkbox"/> Other LEV systems.			
• Is the process fully enclosed and is the integrity of that enclosure regularly monitored?			
<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.	
		<ul style="list-style-type: none"> • Are demonstrable and effective housekeeping practices in place (e.g. daily cleaning using appropriate methods (e.g. vacuum), preventive maintenance of machinery and control measures, and use of protective clothing that will repel spills and reduce personal cloud)? 	
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
			<ul style="list-style-type: none"> • Are general housekeeping practices in place?
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
• Is the work performed indoors, outdoors or in a spray room or downward laminar flow booth?			
<input checked="" type="checkbox"/> Indoors.	<input type="checkbox"/> Outdoors.	<input type="checkbox"/> Spray room.	<input type="checkbox"/> Downward laminar flow booth.
• What is the room size of the work area?	• Is the source located close to buildings?	• Type:	• Type:
<input type="checkbox"/> Any size workroom. <input type="checkbox"/> Large workrooms only. <input type="checkbox"/> Small workrooms only. <input type="checkbox"/> 30 m ³ <input type="checkbox"/> 100 m ³ <input type="checkbox"/> 300 m ³ <input type="checkbox"/> 1000 m ³ <input checked="" type="checkbox"/> 3000 m ³	<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No.	<input type="checkbox"/> Cross flow. <input type="checkbox"/> Down flow.	<input type="checkbox"/> No barriers or screen. <input type="checkbox"/> Partial screen. <input type="checkbox"/> Partial screen fitted with glove ports.
• What is the ventilation rate of the general ventilation system in the work area?			
<input type="checkbox"/> No restriction on general ventilation characteristics. <input checked="" type="checkbox"/> Only good natural ventilation. <input type="checkbox"/> Mechanical ventilation giving at least 1 ACH. <input type="checkbox"/> Specialised room ventilation with more than 10 ACH.			

<input type="checkbox"/>	0.3 ACH.			
<input type="checkbox"/>	1 ACH.			
<input type="checkbox"/>	3 ACH.			
<input type="checkbox"/>	10 ACH.			
<input type="checkbox"/>	30 ACH.			
<ul style="list-style-type: none"> • Are secondary sources present in the workroom in addition to the source in the breathing zone of the worker? 				
<input checked="" type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Yes.	
<ul style="list-style-type: none"> • Carry over near-field inputs? 				
No				
<ul style="list-style-type: none"> • Far Field Secondary Emission Source: repeat and complete step2, step3 and 4 				
<ul style="list-style-type: none"> • Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area? 				
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation				
Step 5: Exposure Predictions				
<ul style="list-style-type: none"> • Type of exposure: 				
<input checked="" type="checkbox"/>	Full shift.	<input checked="" type="checkbox"/>	Long term.	
<ul style="list-style-type: none"> • Percentile: 				
<input type="checkbox"/>	50th.	<input type="checkbox"/>	50th.	
<input type="checkbox"/>	75th.	<input type="checkbox"/>	75th.	
<input checked="" type="checkbox"/>	90th.	<input checked="" type="checkbox"/>	90th.	
<input type="checkbox"/>	95th.	<input type="checkbox"/>	95th.	
<input type="checkbox"/>	99th.	<input type="checkbox"/>	99th.	
<ul style="list-style-type: none"> • Confidence interval: 				
<input type="checkbox"/>	Interquartile.	<input type="checkbox"/>	Interquartile.	
<input type="checkbox"/>	80%.	<input type="checkbox"/>	80%.	
<input type="checkbox"/>	90%.	<input type="checkbox"/>	90%.	
<input checked="" type="checkbox"/>	95%.	<input checked="" type="checkbox"/>	95%.	
<ul style="list-style-type: none"> • Estimate: 4,4 mg/m3 				
<ul style="list-style-type: none"> • Confidence Interval: 0,58 mg/m3–51 mg/m3 				
<ul style="list-style-type: none"> • Estimate:3,9 mg/m3 				
<ul style="list-style-type: none"> • Confidence Interval: 0,51 mg/m3–50 mg/m3 				

Ficha 7. Evaluación de riesgos por inhalación en esprayado de pintura fotocatalítica con NMS mediante el uso de Stoffenmanager Nano module 1.0. (Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct).

Step 1: General	
<ul style="list-style-type: none"> • Name risk assessment: Esprayado de pintura fotocatalítica con NMS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Source domain: 	
<input type="checkbox"/> Release of primay particles during actual synthesis. <input type="checkbox"/> Handling of bulk aggregated/agglomerated nanopowders <input type="checkbox"/> Fracturing and abrasion of MNOs embedded end products	<input checked="" type="checkbox"/> Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct.
<ul style="list-style-type: none"> • Product Type: 	
<input type="checkbox"/> Intermediate <input checked="" type="checkbox"/> Ready to use product	
Step 2: Product characteristics	
<ul style="list-style-type: none"> • Product name: Salud Activa 	
<ul style="list-style-type: none"> • Supplier: Centro de producción de pinturas 	
<ul style="list-style-type: none"> • Date PIS: 	
<ul style="list-style-type: none"> • Date MSDS: 	
<ul style="list-style-type: none"> • Product appearance: 	
<input type="checkbox"/> Powder.	<input type="checkbox"/> Granules/flakes.
<input checked="" type="checkbox"/> Particles dispersed in a liquid.	
<ul style="list-style-type: none"> • Dustiness: 	
<input type="checkbox"/> Very high (>500mg/kg). <input type="checkbox"/> High (>150- 500mg/kg). <input type="checkbox"/> Medium (50- 150mg/kg). <input type="checkbox"/> Unknown.	
<ul style="list-style-type: none"> • Moisture content: 	
<input type="checkbox"/> Dry product (<5% moisture content). <input type="checkbox"/> 5-10% moisture content. <input type="checkbox"/> >10% moisture content.	
<ul style="list-style-type: none"> • Viscosity of the liquid: 	
<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input checked="" type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil). <input type="checkbox"/> Liquids with high viscosity (like paste, syrup).	
<ul style="list-style-type: none"> • Do you know the exact dilution of the product with water? 	
<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
<ul style="list-style-type: none"> • Exact concentration percentage %: 	
<ul style="list-style-type: none"> • Concentration: 	
<input type="checkbox"/> Undiluted <input checked="" type="checkbox"/> Concentrated <input type="checkbox"/> Moderately diluted <input type="checkbox"/> Diluted <input type="checkbox"/> Very diluted <input type="checkbox"/> Extremely diluted	
<ul style="list-style-type: none"> • Nano Component: nano TiO₂ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Name nano component: nano TiO₂ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Do you know the exact concentration of the nano component in the product? 	
<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> No
<ul style="list-style-type: none"> • Exact concentration percentage %: 	
<ul style="list-style-type: none"> • Concentration: 	
<input type="checkbox"/> Pure product (100%). <input type="checkbox"/> Main component (50-99%). <input type="checkbox"/> Substantial (10-50%). <input checked="" type="checkbox"/> Small (1-10%). <input type="checkbox"/> Very small (0.01-1%).	
<ul style="list-style-type: none"> • Does the product contain fibers / fiber like particles? 	
<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> No

• Length: diameter of the fiber (aspect ratio)		• Inhalation hazard:	
<input type="checkbox"/> Unknown/unknown.	<input type="checkbox"/> Unknown.	<input type="checkbox"/>	Mutagenic (and possibly carcinogenic) and/or sensitizing.
<input type="checkbox"/> Unknown/known.		<input type="checkbox"/>	Carcinogenic (not mutagenic), reprotoxic and/or very toxic.
<input type="checkbox"/> Aspect ratio $\geq 3:1$.		<input type="checkbox"/>	Toxic, corrosive and/or respiratory allergens.
<input type="checkbox"/> Aspect ratio $\leq 3:1$.		<input type="checkbox"/>	Harmful and/or irritating.
<input type="checkbox"/> $\geq 5000\text{nm}/\text{unknown}$.		<input checked="" type="checkbox"/>	Non-hazardous.
<input type="checkbox"/> $\geq 5000\text{nm}/\text{known}$.			
• Does it concern one of the following OECD components?			
<input type="checkbox"/> C60 Fullerene	<input type="checkbox"/> Carbon black	<input type="checkbox"/> SiO ₂ Silica or silicon dioxide	<input type="checkbox"/> Others MNOs
<input type="checkbox"/> Sb ₂ O ₅ Antimony oxide or Antimony pentoxide	<input type="checkbox"/> Ag nano Silver		
<input type="checkbox"/> SnO ₂ Tin oxide	<input type="checkbox"/> Fe Iron		
<input type="checkbox"/> CoO cobalt oxide	<input type="checkbox"/> Au Gold		
	<input type="checkbox"/> Pb Lead		
	<input type="checkbox"/> La Lanthanide		
	<input type="checkbox"/> TiN Titanium nitride		

	<input type="checkbox"/> TiO ₂ Titanium dioxide <input type="checkbox"/> CeO ₂ Cerium oxide <input type="checkbox"/> ZnO Zinc oxide <input type="checkbox"/> Al ₂ O ₃ Aluminium oxide <input type="checkbox"/> Fe Iron oxides <input type="checkbox"/> Nanoclay <input type="checkbox"/> Polymers <input type="checkbox"/> Nano polystyrene <input type="checkbox"/> Dendrimers			
		Does the nanoparticle concern crystalline silica/quartz?		Is the parent material classified with one or more of the following R-phrases: R40, R42, R43, R45, R46, R49, R68?
		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Un-known <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown
		Is the primary particle diameter larger than 50 nm?		
		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown.		
<ul style="list-style-type: none"> • Number of exposed employees: 1 • Production or usage volume in kg a year: • Startdate of period worked with the product: • Enddate of period worked with the product: • Last update date of additional registration: 				
Step 3: Handling / Process				
<ul style="list-style-type: none"> • Characterize your task 				
<input checked="" type="checkbox"/> Handling of liquids at high pressure resulting in substantial generation of visible mist or spray/haze <input type="checkbox"/> Handling of liquids on large surface or large workpieces <input type="checkbox"/> Handling of liquids using low pressure, low speed with large or medium quantities <input type="checkbox"/> Handling of (almost) undisturbed liquids (very low speed), very small quantities (under controlled conditions) of liquids in the tightly closed containers.				

• Duration task	
<input type="checkbox"/>	4 to 8 hours a day.
<input type="checkbox"/>	2 to 4 hours a day.
<input type="checkbox"/>	0.5 to 2 hours a day.
<input checked="" type="checkbox"/>	1 to 30 minutes a day.
• Frequency task.	
<input checked="" type="checkbox"/>	4 to 5 days a week.
<input type="checkbox"/>	2 to 3 days a week.
<input type="checkbox"/>	Approximately 1 day a week.
<input type="checkbox"/>	Approximately 1 day per 2 weeks.
<input type="checkbox"/>	Approximately 1 day a month.
<input type="checkbox"/>	Approximately 1 day a year.
• Is the task being carried out in the breathing zone of an employee (distance head-product <1 meter)?	
<input checked="" type="checkbox"/>	Yes.
<input type="checkbox"/>	No.
• Is there more than one employee carrying out the same task simultaneously?	• Is the employee situated in a cabin?
<input type="checkbox"/>	Yes.
<input checked="" type="checkbox"/>	No.
<input type="checkbox"/>	The worker does not work in a cabin.
<input type="checkbox"/>	The worker works in a cabin without specific ventilation system.
<input type="checkbox"/>	The worker works in a separated (control) room with independent clean air supply.
Step 4: Working area	
• Is the working room being cleaned daily?	
<input type="checkbox"/>	Yes.
<input checked="" type="checkbox"/>	No.
• Are inspections and maintenance of machines/ancillary equipment being done at least monthly to ensure good condition and proper functioning and performance?	
<input type="checkbox"/>	Yes.
<input checked="" type="checkbox"/>	No.
• Volume of the working room:	
<input type="checkbox"/>	<100 m ³ .
<input type="checkbox"/>	100-1000 m ³ .
<input checked="" type="checkbox"/>	>1000 m ³ .
<input type="checkbox"/>	Work performed outside.
Ventilation of the working room.	
<input type="checkbox"/>	No general ventilation.
<input checked="" type="checkbox"/>	Mechanical or/and natural ventilation.
<input type="checkbox"/>	Spraying booth.
Step 5: Local control measures and personal protective equipment	
• Local control measures	
<input checked="" type="checkbox"/>	No control measures at the source.
<input type="checkbox"/>	Use of a product that limit the emission.
<input type="checkbox"/>	Local exhaust ventilation.
<input type="checkbox"/>	Containment of the source.
<input type="checkbox"/>	Containment of the source with local exhaust ventilation.
<input type="checkbox"/>	Glove boxes/bags
• Is the employee situated in a cabin? * Answered in step 3.	
• Is personal protective equipment applied?	
<input type="checkbox"/>	None.
<input type="checkbox"/>	Filter mask P2 (FPP2).
<input checked="" type="checkbox"/>	Filter mask P3 (FPP3).
<input type="checkbox"/>	Half mask respirator with filter, type P2L.
<input type="checkbox"/>	Half mask respirator with filter, type P3L.

- Half/full face powered air respirator TMP1 (particle cartridge).
- Half/full face powered air respirator TMP2 (particle cartridge).
- Half/full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge).
- Full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge).
- Hood or helmet with supplied air system TH1.
- Hood or helmet with supplied air system TH2.
- Hood or helmet with supplied air system TH3.

Step 6: Risk assessment	
• Hazard class	
<input checked="" type="checkbox"/>	A
<input type="checkbox"/>	B
<input type="checkbox"/>	C
<input type="checkbox"/>	D
<input type="checkbox"/>	E
• Time weighted exposure class	
<input type="checkbox"/>	1
<input checked="" type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4
• Time weighted risk score	
<input type="checkbox"/>	I
<input type="checkbox"/>	II
<input checked="" type="checkbox"/>	III
• Task weighted exposure class	
<input type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	2
<input checked="" type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4
• Task weighted risk score	
<input type="checkbox"/>	I
<input type="checkbox"/>	II
<input checked="" type="checkbox"/>	III

Ficha 8. Evaluación del riesgo en esprayado de recubrimiento fotocatalítica mediante el uso de Control Banding Nanotool

Step 1: Initial description	
<ul style="list-style-type: none"> • Name or description of nanomaterial: nanoTiO₂ 	
<ul style="list-style-type: none"> • CAS number:1317-70-0 	
<ul style="list-style-type: none"> • Activity classification 	
<input type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media <input type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media during pouring or mixing operations or where agitation is involved <input checked="" type="checkbox"/> Generating nanoparticles in the gas phase <input type="checkbox"/> Handling nanoparticles in powder form <input type="checkbox"/> Maintaining equipment and processes used to produce or fabricate nanomaterials <input type="checkbox"/> Clean-up of spills or waste material <input type="checkbox"/> Cleaning of dust collection systems used to capture nanoparticles <input type="checkbox"/> Machining, sanding, drilling, or other mechanical disruptions of materials containing nanoparticles <input type="checkbox"/> Other activities that can result in potential exposure to nanomaterials	
Step 2: Parent material	
Toxicity parent material	
<input checked="" type="checkbox"/> 10 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> 10-100 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> 100-5000 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> > 5000 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
Reproductive hazard?	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Mutagen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Dermal hazard? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Asthmagen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
Step 3: Nanoscale material	
Surface reactivity	
<input checked="" type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Particle shape 	
<input type="checkbox"/> Tubular or fibrous <input checked="" type="checkbox"/> Compact or spherical <input type="checkbox"/> Anisotropic	

<input type="checkbox"/> Unknown
• Particle diameter (nm)
<input type="checkbox"/> 1-10 nm
<input type="checkbox"/> 11-40 nm
<input type="checkbox"/> > 40 nm
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown
• Solubility
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Carcinogen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Reproductive hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Mutagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dermal hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Asthmagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Severity score- band
<input type="checkbox"/> Very high
<input type="checkbox"/> High
<input checked="" type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
Step 4: Activity
• Estimated maximum amount of chemical used in one day (mg)
<input type="checkbox"/> > 100 mg
<input type="checkbox"/> 11 – 100 mg
<input checked="" type="checkbox"/> 0 – 10 mg
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dustiness
<input checked="" type="checkbox"/> High
<input type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
<input type="checkbox"/> None
<input type="checkbox"/> Unknown
• Number of Employees with Similar Exposure
<input checked="" type="checkbox"/> 1-5
<input type="checkbox"/> 6-10
<input type="checkbox"/> 11-15
<input type="checkbox"/> > 15

<input type="checkbox"/> Unknown
• Frequency of Operation (annual)
<input type="checkbox"/> Yearly <input type="checkbox"/> Monthly <input type="checkbox"/> Weekly <input checked="" type="checkbox"/> Daily <input type="checkbox"/> Unknown
• Operation Duration (per shift)
<input type="checkbox"/> > 4 hr <input type="checkbox"/> 1-4 hr <input type="checkbox"/> 30-60 min <input checked="" type="checkbox"/> < 30 min <input type="checkbox"/> Unknown
• Probability score-band
<input type="checkbox"/> Extremely unlikely <input checked="" type="checkbox"/> Less likely <input type="checkbox"/> Likely <input type="checkbox"/> Probable
Step 5: Results
• Overall Risk Level Without Controls
<input checked="" type="checkbox"/> RL1 <input type="checkbox"/> RL2 <input type="checkbox"/> RL3 <input type="checkbox"/> RL4
• Recommended Engineering Control Based on Risk Level
<input checked="" type="checkbox"/> General ventilation <input type="checkbox"/> Fume hood or local exhaust ventilation <input type="checkbox"/> Containment <input type="checkbox"/> Seek specialist advice

Ficha 9. Estimación de la exposición en esprayado de recubrimiento fotocatalítico mediante el uso de ART Tool para liquids

Step 1: Primary Emission Source			
• Chemical Name: TiO₂			
• CAS number: 1317-70-0			
• Name of activity: Esprayado de recubrimiento fotocatalítico			
• Frequency of activity minutes: 2			
Step 2: Product type of the substance/preparation			
• What is the temperature of the liquid in the process? Or if the process temperature of the liquid is not precisely known, pick one of the categories below.			
<input type="checkbox"/> (0 ≤ process temperature ≤ 150 °C):	<input type="checkbox"/> Hot processes (50-150 °C). <input type="checkbox"/> Above room temperature (25-50 °C). <input type="checkbox"/> Below room temperature (<15 °C).	<input checked="" type="checkbox"/> Room temperature (15-25°C).	
• If known, what is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at this process temperature? Pa.		• What is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at room temperature?	
<input type="checkbox"/> 37,5 <boiling temperature <300:	<input type="checkbox"/> Do not known.	<input type="checkbox"/> 300 ≤boiling temperature < 2727,0 °C:	<input type="checkbox"/> ≤=10Pa :__ <input checked="" type="checkbox"/> >11Pa :__
• What is the viscosity of the substance/preparation?		• What is the viscosity of the substance/preparation?	
<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).		<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).	
• If the vapour pressure at process temperature is not known, what is the boiling temperature of the substance in the liquid of interest (in °C)? (7,5 < boiling temperature ≤ 2727,0 °C)		• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture?: 1	
• What is the mole fraction of the substance in the liquid mixture? If the mole fraction is unknown, assume that this is the same as the weight fraction or if the weight fraction of the substance in the liquid mixture is not precisely known, pick one of the categories below.		• What is the weight fraction of the substance in the liquid mixture? Or if the weight fraction is not precisely known, pick one of the categories below.	
<input type="checkbox"/> (0,0 < liquid mole fraction ≤ 1,0):	<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%). <input type="checkbox"/> Main component (50-90%). <input type="checkbox"/> Substantial (10-50%). <input type="checkbox"/> Minor (5-10%). <input type="checkbox"/> Small (1-5%). <input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%).	<input type="checkbox"/> __ (0,0 < liquid weight fraction ≤ 1,0)	
		<input type="checkbox"/> Pure liquid (100%). <input type="checkbox"/> Minor (5-10%). <input checked="" type="checkbox"/> Small (1-5%). <input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%). <input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%). <input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).	

<input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%). <input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).	
<p>• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture? (One method for estimating activity coefficient for liquid mixtures is using the UNIFAC method). The default value is set at 1: (0,001 ≤ activity coefficient ≤ 1000,0)</p>	

• Is the primary emission source located in the breathing zone of the worker (i.e. the volume of air within 1 metre in any direction of the worker's head)?

<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<p>• Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area?</p>	
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation	
<p>• Is the worker separated from the emission source(s) by means of a personal enclosure around the worker (e.g. cabin)?</p>	
<input type="checkbox"/> Partial personal enclosure without ventilation <input type="checkbox"/> Partial personal enclosure with ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation	

Step 3: Configure Activity

• To which activity class does your activity belong?

<input checked="" type="checkbox"/> Spray application of liquids.	<input type="checkbox"/> Activities with open liquid surfaces or open reservoirs.	<input type="checkbox"/> Spreading of liquid products.	<input type="checkbox"/> Handling of contaminated objects.	<input type="checkbox"/> Application of liquids in high speed processes (e.g. rotating tools).	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid products.
<p>• Activity Subclass:</p>			<p>Activity Subclass:</p>		
<input checked="" type="checkbox"/> Surface spraying of liquids.	<input type="checkbox"/> Spraying of liquids in a space.	<input type="checkbox"/> Activities with undisturbed surfaces (no aerosol formation). <input type="checkbox"/> Activities with agitated surfaces.	<input type="checkbox"/> Falling liquids.	<input type="checkbox"/> Bottom loading.	
<p>• What is the level of containment of the process?</p>					

				<input type="checkbox"/> > 90 % of surface. <input type="checkbox"/> 10-90 % of surface. <input type="checkbox"/> < 10 % of surface.	<input type="checkbox"/> Open process: no separation between process and worker. <input type="checkbox"/> Handling that reduces contact between product and adjacent air.	
• Situation represent activity:						
<input type="checkbox"/> High application rate (>3 l/minute). <input checked="" type="checkbox"/> Moderate application rate (0.3-3 l/minute). <input type="checkbox"/> Low application rate (0.03-0.3 l/minute). <input type="checkbox"/> Very low application rate (<0.03 l/minute)	<input type="checkbox"/> Large scale space spraying. <input type="checkbox"/> Small scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface >3m ² . <input type="checkbox"/> Open surface 1-3m ² . <input type="checkbox"/> Open surface 0.3-1m ² . <input type="checkbox"/> Open surface 0.1-0.3 m ² . <input type="checkbox"/> Open surface <0.1 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces >3m ² /h. <input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 1-3m ² /h. <input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.3-1m ² /h. <input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.1-0.3 m ² /h. <input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces <0.1m ² / h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface>3 m ²). <input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 1-3 m ²). <input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.3-1m ²). <input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.1-0.3 m ²). <input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface < 0.1 m ²).	<input type="checkbox"/> Large-scale activities involving high speed movements. <input type="checkbox"/> Small-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: > 1000 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 100 - 1000 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 10 - 100 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 1 - 10 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 0.1 - 1 l/min. <input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: < 0.1 l/min.
What is the spray direction?						
<input type="checkbox"/> Spraying in any direction (including upwards). <input checked="" type="checkbox"/> Only horizontal or						

downward spraying. <input type="checkbox"/> Downward only.						
What is the spray technique?						
<input checked="" type="checkbox"/> Spraying with high compressed air use <input type="checkbox"/> Spraying with no or low compressed air use						

Step 4: Controls

• Are there any control measures in close proximity of the near-field emission source intended to minimise emissions from the source?

<input checked="" type="checkbox"/> No localised controls	<input type="checkbox"/> Suppression techniques	<input type="checkbox"/> Containment-no extraction	<input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation (LEV)	<input type="checkbox"/> Glove boxes and glove bags.	<input type="checkbox"/> Vapour recovery systems.
	• Type:	• Type:	• Type:	• Type:	
	<input type="checkbox"/> Knockdown suppression. <input type="checkbox"/> Wetting at point of release.	<input type="checkbox"/> Low level containment. <input type="checkbox"/> Medium level containment. <input type="checkbox"/> High level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: capony hoods. <input type="checkbox"/> Receiving hoods: other receiving hoods. <input type="checkbox"/> Capturing hoods: movable. <input type="checkbox"/> Capturing hoods: fixed. <input type="checkbox"/> Capturing hoods: on tool extraction. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: fume cupboard. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: horizontal downward laminar flow both.	<input type="checkbox"/> Glove boxes. <input type="checkbox"/> Glove bags. • Type: <input type="checkbox"/> Low specification. <input type="checkbox"/> Medium specification. <input type="checkbox"/> High specification / isolator.	<input type="checkbox"/> Non ventilated. <input type="checkbox"/> Ventilated or keep under negative pressure.

		<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: others. <input type="checkbox"/> Other LEV systems.		
• Is the process fully enclosed and is the integrity of that enclosure regularly monitored?				
<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.		
		• Are demonstrable and effective housekeeping practices in place (e.g. daily cleaning using appropriate methods (e.g. vacuum), preventive maintenance of machinery and control measures, and use of protective clothing that will repel spills and reduce personal cloud)?		
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.	
		• Are general housekeeping practices in place?		
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.	
• Is the work performed indoors, outdoors or in a spray room or downward laminar flow booth?				
<input checked="" type="checkbox"/> Indoors.	<input type="checkbox"/> Outdoors.	<input type="checkbox"/> Spray room.	<input type="checkbox"/> Downward laminar flow booth.	
• What is the room size of the work area?		• Is the source located close to buildings?	• Type:	• Type:
<input type="checkbox"/> Any size workroom. <input type="checkbox"/> Large workrooms only. <input type="checkbox"/> Small workrooms only. <input type="checkbox"/> 30 m ³ <input type="checkbox"/> 100 m ³ <input type="checkbox"/> 300 m ³ <input type="checkbox"/> 1000 m ³ <input checked="" type="checkbox"/> 3000 m ³		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No.	<input type="checkbox"/> Cross flow. <input type="checkbox"/> Down flow.	<input type="checkbox"/> No barriers or screen. <input type="checkbox"/> Partial screen. <input type="checkbox"/> Partial screen fitted with glove ports.
• What is the ventilation rate of the general ventilation system in the work area?				
<input type="checkbox"/> No restriction on general ventilation characteristics. <input checked="" type="checkbox"/> Only good natural ventilation. <input type="checkbox"/> Mechanical ventilation giving at least 1 ACH. <input type="checkbox"/> Specialised room ventilation with more than 10 ACH. <input type="checkbox"/> 0.3 ACH. <input type="checkbox"/> 1 ACH. <input type="checkbox"/> 3 ACH. <input type="checkbox"/> 10 ACH. <input type="checkbox"/> 30 ACH.				
• Are secondary sources present in the workroom in addition to the source in the breathing zone of the worker?				
<input checked="" type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes.			
• Carry over near-field inputs?				
No				

<ul style="list-style-type: none"> • Far Field Secondary Emission Source: repeat and complete step2, step3 and 4 • Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area? 	
<input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation <input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air <input type="checkbox"/> No segregation	
Step 5: Exposure Predictions	
• Type of exposure:	
<input checked="" type="checkbox"/> Full shift.	<input checked="" type="checkbox"/> Long term.
• Percentile:	• Percentile:
<input type="checkbox"/> 50th. <input type="checkbox"/> 75th. <input checked="" type="checkbox"/> 90th. <input type="checkbox"/> 95th. <input type="checkbox"/> 99th.	<input type="checkbox"/> 50th. <input type="checkbox"/> 75th. <input checked="" type="checkbox"/> 90th. <input type="checkbox"/> 95th. <input type="checkbox"/> 99th.
• Confidence interval:	• Confidence interval:
<input type="checkbox"/> Interquartile. <input type="checkbox"/> 80%. <input type="checkbox"/> 90%. <input checked="" type="checkbox"/> 95%.	<input type="checkbox"/> Interquartile. <input type="checkbox"/> 80%. <input type="checkbox"/> 90%. <input checked="" type="checkbox"/> 95%.
• Estimate: 4,4 mg/m3	• Estimate: 3,9 mg/m3
• Confidence Interval: 0,58 mg/m3–51 mg/m3	• Confidence Interval: 0,51 mg/m3–49 mg/m3

Ficha 10. Evaluación de riesgos por inhalación en esprayado de recubrimiento fotocatalítico mediante el uso de StoffenManager Nano module 1.0. (Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct.)

Step 1: General	
<ul style="list-style-type: none"> Name risk assessment: Esprayado de recubrimiento fotocatalítico 	
<ul style="list-style-type: none"> Source domain: 	
<input type="checkbox"/> Release of primay particles during actual synthesis. <input type="checkbox"/> Handling of bulk aggregated/agglomerated nanopowders <input type="checkbox"/> Fracturing and abrasion of MNOs embedded end products	<input checked="" type="checkbox"/> Spraying or dispersion of a ready to use nanoproduct.
<ul style="list-style-type: none"> Product Type: 	
<input type="checkbox"/> Intermediate <input checked="" type="checkbox"/> Ready to use product	
Step 2: Product characteristics	
<ul style="list-style-type: none"> Product name: Fotoactiva Sol 	
<ul style="list-style-type: none"> Supplier: Nanopinturas 	
<ul style="list-style-type: none"> Date PIS: 	
<ul style="list-style-type: none"> Date MSDS: 	
<ul style="list-style-type: none"> Product appearance: 	
<input type="checkbox"/> Powder.	<input type="checkbox"/> Granules/flakes.
<input checked="" type="checkbox"/> Particles dispersed in a liquid.	
<ul style="list-style-type: none"> Dustiness: 	
<input type="checkbox"/> Very high (>500mg/kg). <input type="checkbox"/> High (>150- 500mg/kg). <input type="checkbox"/> Medium (50- 150mg/kg). <input type="checkbox"/> Unknown.	
<ul style="list-style-type: none"> Moisture content: 	
<input type="checkbox"/> Dry product (<5% moisture content). <input type="checkbox"/> 5-10% moisture content. <input type="checkbox"/> >10% moisture content.	
<ul style="list-style-type: none"> Viscosity of the liquid: 	
<input checked="" type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil). <input type="checkbox"/> Liquids with high viscosity (like paste, syrup).	
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact dilution of the product with water? 	
<input type="checkbox"/> Yes.	
<input checked="" type="checkbox"/> No.	
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 	
<input type="checkbox"/> Undiluted <input checked="" type="checkbox"/> Concentrated <input type="checkbox"/> Moderately diluted <input type="checkbox"/> Diluted <input type="checkbox"/> Very diluted <input type="checkbox"/> Undiluted	
<ul style="list-style-type: none"> Nano Component: nano TiO₂ CAS 1317-70-0 	
<ul style="list-style-type: none"> Name nano component: nano TiO₂ 	
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact concentration of the nano component in the product? 	
<input type="checkbox"/> Yes	
<input checked="" type="checkbox"/> No	
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 	
<ul style="list-style-type: none"> Concentration: 	
<input type="checkbox"/> Pure product (100%). <input type="checkbox"/> Main component (50-99%). <input type="checkbox"/> Substantial (10-50%). <input checked="" type="checkbox"/> Small (1-10%). <input type="checkbox"/> Very small (0.01-1%).	
<ul style="list-style-type: none"> Does the product contain fibers / fiber like particles? 	
<input type="checkbox"/> Yes	
<input checked="" type="checkbox"/> No	
<ul style="list-style-type: none"> Length: diameter of the fiber (aspect ratio) 	
<ul style="list-style-type: none"> Inhalation hazard: 	

<input type="checkbox"/> Unknown/unknown. <input type="checkbox"/> Unknown/known. <input type="checkbox"/> Aspect ratio >= 3:1. <input type="checkbox"/> Aspect ratio <= 3:1. <input type="checkbox"/> >=5000nm/unknown <input type="checkbox"/> >= 5000nm/known.	<input type="checkbox"/> Unknown.	<input type="checkbox"/> Mutagenic (and possibly carcinogenic) and/or sensitizing. <input type="checkbox"/> Carcinogenic (not mutagenic), reprotoxic and/or very toxic. <input type="checkbox"/> Toxic, corrosive and/or respiratory allergens. <input type="checkbox"/> Harmful and/or irritating. <input checked="" type="checkbox"/> Non-hazardous.
• Does it concern one of the following OECD components?		
<input type="checkbox"/> C60 Fullerene <input type="checkbox"/> Sb2O5 Antimony oxide or Antimony pentoxide <input type="checkbox"/> SnO2 Tin oxide <input type="checkbox"/> CoO cobalt oxide	<input type="checkbox"/> Carbon black <input type="checkbox"/> Ag nano Silver <input type="checkbox"/> Fe Iron <input type="checkbox"/> Au Gold <input type="checkbox"/> Pb Lead <input type="checkbox"/> La Lanthanide <input type="checkbox"/> TiN Titanium nitride <input type="checkbox"/> TiO ₂ Titanium dioxide <input type="checkbox"/> CeO ₂ Cerium oxide <input type="checkbox"/> ZnO Zinc oxide <input type="checkbox"/> Al ₂ O ₃ Aluminium oxide <input type="checkbox"/> Fe Iron oxides <input type="checkbox"/> Nanoclay <input type="checkbox"/> Polymers <input type="checkbox"/> Nano polystyrene <input type="checkbox"/> Dendrimers	<input type="checkbox"/> SiO ₂ Silica or silicon dioxide <input type="checkbox"/> Others MNOs
• Does the nanoparticle concern crystalline silica/quartz?		• Is the parent material classified with one or more of the following

				R-phrases: R40, R42, R43, R45, R46, R49, R68?
		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Unknown <input type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown
		• Is the primary particle diameter larger than 50 nm?		
		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown.		
• Number of exposed employees: 1				
• Production or usage volume in kg a year:				
• Startdate of period worked with the product:				
• Enddate of period worked with the product:				
• Last update date of additional registration:				
Step 3: Handling / Process				
• Characterize your task				
<input checked="" type="checkbox"/> Handling of liquids at high pressure resulting in substantial generation of visible mist or spray/haze <input type="checkbox"/> Handling of liquids on large surface or large workpieces <input type="checkbox"/> Handling of liquids using low pressure, low speed with large or medium quantities <input type="checkbox"/> Handling of (almost) undisturbed liquids (very low speed), very small quantities (under controlled conditions) of liquids in the tightly closed containers.				
• Duration task				
<input type="checkbox"/> 4 to 8 hours a day. <input type="checkbox"/> 2 to 4 hours a day. <input type="checkbox"/> 0.5 to 2 hours a day. <input checked="" type="checkbox"/> 1 to 30 minutes a day.				
• Frequency task.				
<input checked="" type="checkbox"/> 4 to 5 days a week. <input type="checkbox"/> 2 to 3 days a week. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a week. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day per 2 weeks. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a month. <input type="checkbox"/> Approximately 1 day a year.				
• Is the task being carried out in the breathing zone of an employee (distance head-product <1 meter)?				
<input checked="" type="checkbox"/> Yes.				
<input type="checkbox"/> No.				
• Is there more than one employee carrying out the same task simultaneously?		• Is the employee situated in a cabin?		
<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.		<input type="checkbox"/> The worker does not work in a cabin. <input type="checkbox"/> The worker works in a cabin without specific ventilation system. <input type="checkbox"/> The worker works in a separated (control) room with independent clean air supply.		
Step 4: Working area				
• Is the working room being cleaned daily?				
<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.				
• Are inspections and maintenance of machines/ancillary equipment being done at least monthly to ensure good condition and proper functioning and performance?				

<input type="checkbox"/> Yes. <input checked="" type="checkbox"/> No.	
• Volume of the working room:	
<input type="checkbox"/> <100 m ³ . <input type="checkbox"/> 100-1000 m ³ . <input checked="" type="checkbox"/> >1000 m ³ .	<input type="checkbox"/> Work performed outside.
Ventilation of the working room.	
<input type="checkbox"/> No general ventilation. <input checked="" type="checkbox"/> Mechanical or/and natural ventilation. <input type="checkbox"/> Spraying booth.	
Step 5: Local control measures and personal protective equipment	
• Local control measures	
<input checked="" type="checkbox"/> No control measures at the source. <input type="checkbox"/> Use of a product that limit the emission. <input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation. <input type="checkbox"/> Containment of the source. <input type="checkbox"/> Containment of the source with local exhaust ventilation. <input type="checkbox"/> Glove boxes/bags	
• Is the employee situated in a cabin? * Answered in step 3.	
• Is personal protective equipment applied?	
<input type="checkbox"/> None. <input type="checkbox"/> Filter mask P2 (FPP2). <input checked="" type="checkbox"/> Filter mask P3 (FPP3). <input type="checkbox"/> Half mask respirator with filter, type P2L. <input type="checkbox"/> Half mask respirator with filter, type P3L. <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP1 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP2 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Half/full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge). <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH1. <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH2. <input type="checkbox"/> Hood or helmet with supplied air system TH3.	
Step 6: Risk assessment	
• Hazard class	
<input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E	
• Time weighted exposure class	
<input type="checkbox"/> 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
• Time weighted risk score	
<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input checked="" type="checkbox"/> III	
• Task weighted exposure class	
<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4	
• Task weighted risk score	
<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input checked="" type="checkbox"/> III	

Ficha 11 Evaluación del riesgo en el aplicación de pintura fotocatalítica con NMS mediante rodillo mediante el uso de Control Banding Nanotool

Step 1: Initial description	
<ul style="list-style-type: none"> • Name or description of nanomaterial: nanoTiO₂ 	
<ul style="list-style-type: none"> • CAS number: 13463-67-7 	
<ul style="list-style-type: none"> • Activity classification 	
<input checked="" type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media <input type="checkbox"/> Working with nanomaterials in liquid media during pouring or mixing operations or where agitation is involved <input type="checkbox"/> Generating nanoparticles in the gas phase <input type="checkbox"/> Handling nanoparticles in powder form <input type="checkbox"/> Maintaining equipment and processes used to produce or fabricate nanomaterials <input type="checkbox"/> Clean-up of spills or waste material <input type="checkbox"/> Cleaning of dust collection systems used to capture nanoparticles <input type="checkbox"/> Machining, sanding, drilling, or other mechanical disruptions of materials containing nanoparticles <input type="checkbox"/> Other activities that can result in potential exposure to nanomaterials	
Step 2: Parent material	
Toxicity parent material	
<input checked="" type="checkbox"/> 10 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> 10-100 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> 100-5000 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> > 5000 ppm or mg/m ³ <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Carcinogen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
Reproductive hazard?	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Mutagen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Dermal hazard? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Asthmagen? 	
<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown	
Step 3: Nanoscale material	
Surface reactivity	
<input checked="" type="checkbox"/> High <input type="checkbox"/> Medium <input type="checkbox"/> Low <input type="checkbox"/> Unknown	
<ul style="list-style-type: none"> • Particle shape 	
<input type="checkbox"/> Tubular or fibrous <input checked="" type="checkbox"/> Compact or spherical <input type="checkbox"/> Anisotropic	

<input type="checkbox"/> Unknown
• Particle diameter (nm)
<input type="checkbox"/> 1-10 nm
<input type="checkbox"/> 11-40 nm
<input type="checkbox"/> > 40 nm
<input checked="" type="checkbox"/> Unknown
• Solubility
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Carcinogen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Reproductive hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Mutagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dermal hazard?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Asthmagen?
<input type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Unknown
• Severity score- band
<input type="checkbox"/> Very high
<input type="checkbox"/> High
<input checked="" type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
Step 4: Activity
• Estimated maximum amount of chemical used in one day (mg)
<input type="checkbox"/> > 100 mg
<input type="checkbox"/> 11 – 100 mg
<input checked="" type="checkbox"/> 0 – 10 mg
<input type="checkbox"/> Unknown
• Dustiness
<input type="checkbox"/> High
<input type="checkbox"/> Medium
<input type="checkbox"/> Low
<input checked="" type="checkbox"/> None
<input type="checkbox"/> Unknown
• Number of Employees with Similar Exposure
<input checked="" type="checkbox"/> 1-5
<input type="checkbox"/> 6-10
<input type="checkbox"/> 11-15
<input type="checkbox"/> > 15

<input type="checkbox"/> Unknown
• Frequency of Operation (annual)
<input type="checkbox"/> Yearly <input type="checkbox"/> Monthly <input type="checkbox"/> Weekly <input checked="" type="checkbox"/> Daily <input type="checkbox"/> Unknown
• Operation Duration (per shift)
<input type="checkbox"/> > 4 hr <input type="checkbox"/> 1-4 hr <input type="checkbox"/> 30-60 min <input checked="" type="checkbox"/> < 30 min <input type="checkbox"/> Unknown
• Probability score-band
<input checked="" type="checkbox"/> Extremely unlikely <input type="checkbox"/> Lees likely <input type="checkbox"/> Likely <input type="checkbox"/> Probable
Step 5: Results
• Overall Risk Level Without Controls
<input checked="" type="checkbox"/> RL1 <input type="checkbox"/> RL2 <input type="checkbox"/> RL3 <input type="checkbox"/> RL4
• Recommended Engineering Control Based on Risk Level
<input checked="" type="checkbox"/> General ventilation <input type="checkbox"/> Fume hood or local exhaust ventilation <input type="checkbox"/> Containment <input type="checkbox"/> Seek specialist advice

Ficha 12. Estimación de la exposición en aplicación de pintura fotocatalítica con NMS mediante rodillo mediante el uso de ART Tool para liquid.

Step 1: Primary Emission Source			
• Chemical Name: TiO2			
• CAS number: 13463-67-7			
• Name of activity: Aplicación de pintura fotocatalítica con NMS mediante rodillo			
• Frequency of activity minutes: 1			
Step 2: Product type of the substance/preparation			
• What is the temperature of the liquid in the process? Or if the process temperature of the liquid is not precisely known, pick one of the categories below.			
<input type="checkbox"/> (0 ≤ process temperature ≤ 150 °C):	<input type="checkbox"/> Hot processes (50-150 °C).	<input checked="" type="checkbox"/> Room temperature (15-25°C).	
	<input type="checkbox"/> Above room temperature (25-50 °C).		
	<input type="checkbox"/> Below room temperature (<15 °C).		
• If known, what is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at this process temperature? Pa.		• What is the vapour pressure (in Pascal) of the substance at room temperature?	
<input type="checkbox"/> 37,5 <boiling temperature <300:	<input type="checkbox"/> Do not known.	<input type="checkbox"/> 300 ≤boiling temperature < 2727,0 °C:	<input type="checkbox"/> ≤=10Pa :__ <input checked="" type="checkbox"/> > 1 1 P a

	<p>• What is the viscosity of the substance/preparation?</p> <p><input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water).</p> <p><input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).</p>	<p>• What is the viscosity of the substance/preparation?</p> <p><input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water).</p> <p><input type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil).</p>	<p>• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture?: 1</p>
<p>• If the vapour pressure at process temperature is not known, what is the boiling temperature of the substance in the liquid of interest (in °C)? (7,5 < boiling temperature ≤ 2727,0 °C)</p>	<p>• What is the weight fraction of the substance in the liquid mixture? Or if the weight fraction is not precisely known, pick one of the categories below.</p>		
<p>• What is the mole fraction of the substance in the liquid mixture? If the mole fraction is unknown, assume that this is the same as the weight fraction or if the weight fraction of the substance in the liquid mixture is not precisely known, pick one of the categories below.</p>	<p><input type="checkbox"/> ___(0,0 < liquid weight fraction ≤ 1,0)</p>		
<p><input type="checkbox"/> (0,0 < liquid mole fraction ≤ 1,0):</p> <p><input type="checkbox"/> Pure liquid (100%).</p> <p><input type="checkbox"/> Main component (50-90%).</p> <p><input type="checkbox"/> Substantial (10-50%).</p> <p><input type="checkbox"/> Minor (5-10%).</p> <p><input type="checkbox"/> Small (1-5%).</p> <p><input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%).</p> <p><input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%).</p> <p><input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).</p>	<p><input type="checkbox"/> Pure liquid (100%).</p> <p><input type="checkbox"/> Minor (5-10%).</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Small (1-5%).</p> <p><input type="checkbox"/> Very small (0.5-1%).</p> <p><input type="checkbox"/> Extremely small (0.1-0.5%).</p> <p><input type="checkbox"/> Minute (0.01-0.1%).</p>		
<p>• If known, please provide the activity coefficient for the substance in this mixture? (One method for estimating activity coefficient for liquid mixtures is using the UNIFAC method). The</p>			

default value is set at 1: (0,001 ≤ activity coefficient ≤ 1000,0)	
<p>• Is the primary emission source located in the breathing zone of the worker (i.e. the volume of air within 1 metre in any direction of the worker's head)?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No</p>	
<p>• Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area?</p> <p><input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air</p> <p><input type="checkbox"/> No segregation</p>	
<p>• Is the worker separated from the emission source(s) by means of a personal enclosure around the worker (e.g. cabin)?</p> <p><input type="checkbox"/> Partial personal enclosure without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Partial personal enclosure with ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air</p> <p><input type="checkbox"/> No segregation</p>	

Step 3: Configure Activity

<p>• To which activity class does your activity belong?</p>					
<input type="checkbox"/> Spray application of liquids.	<input type="checkbox"/> Activities with open liquid surfaces or open reservoirs.	<input checked="" type="checkbox"/> Spreading of liquid products.	<input type="checkbox"/> Handling of contaminated objects.	<input type="checkbox"/> Application of liquids in high speed processes (e.g. rotating tools).	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid products.
<p>• Activity Subclass:</p>					<p>Activity Subclass:</p>
<input type="checkbox"/> Surface spraying of liquids.	<input type="checkbox"/> Spraying of liquids in a space.	<input type="checkbox"/> Activities with undisturbed surfaces (no aerosol formation).	<input type="checkbox"/> Activities with agitated surfaces.	<input type="checkbox"/> Falling liquids.	<input type="checkbox"/> Bottom loading.
<p>• What is the level of containment of the process?</p>					
<input type="checkbox"/> > 90 % of surface.		<input type="checkbox"/> Open process: no separation between process and worker.			
<input type="checkbox"/> 10-90 % of surface.		<input type="checkbox"/> Handling that reduces contact between product and adjacent air.			
<input type="checkbox"/> < 10 % of surface.					

• Situation represent activity:						
<input type="checkbox"/> High application rate (>3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Large scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface >3m ² .	<input checked="" type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces >3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface>3 m ²).	<input type="checkbox"/> Large-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: > 1000 l/min.
<input type="checkbox"/> Moderate application rate (0.3-3 l/minute).	<input type="checkbox"/> Small scale space spraying.	<input type="checkbox"/> Open surface 1-3m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 1-3m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 1-3 m ²).	<input type="checkbox"/> Small-scale activities involving high speed movements.	<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 100 - 1000 l/min.
<input type="checkbox"/> Low application rate (0.03-0.3 l/minute).		<input type="checkbox"/> Open surface 0.3-1m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.3-1m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.3-1m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 10 - 100 l/min.
<input type="checkbox"/> Very low application rate (<0.03 l/minute)		<input type="checkbox"/> Open surface 0.1-0.3 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.1-0.3 m ² /h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface 0.1-0.3 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 1 - 10 l/min.
		<input type="checkbox"/> Open surface <0.1 m ² .	<input type="checkbox"/> Spreading of liquids at surfaces or work pieces <0.1m ² / h.	<input type="checkbox"/> Activities with treated/contaminated objects (surface < 0.1 m ²).		<input type="checkbox"/> Transfer of liquid product with flow of: 0.1 - 1 l/min.
What is the spray direction?						
<input type="checkbox"/> Spraying in any direction (including upwards).						
<input type="checkbox"/> Only horizontal or downward spraying.						
<input type="checkbox"/> Downward only.						

What is the spray technique?					
<input type="checkbox"/> Spraying with high compressed air use <input type="checkbox"/> Spraying with no or low compressed air use					
Step 4: Controls					
• Are there any control measures in close proximity of the near-field emission source intended to minimise emissions from the source?					
<input checked="" type="checkbox"/> No localised controls	<input type="checkbox"/> Suppression techniques	<input type="checkbox"/> Containment-no extraction	<input type="checkbox"/> Local exhaust ventilation (LEV)	<input type="checkbox"/> Glove boxes and glove bags.	<input type="checkbox"/> Vapour recovery systems
• Type:		• Type:		• Type:	
<input type="checkbox"/> Knockdown suppression.	<input type="checkbox"/> Low level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: canopy hoods.	<input type="checkbox"/> Glove boxes.	<input type="checkbox"/> Glove bags.	
<input type="checkbox"/> Wetting point release.	<input type="checkbox"/> Medium level containment.	<input type="checkbox"/> Receiving hoods: other receiving hoods.	• Type:	• Type:	
	<input type="checkbox"/> High level containment.	<input type="checkbox"/> Capturing hoods: movable. <input type="checkbox"/> Capturing hoods: fixed.	<input type="checkbox"/> Low specification. <input type="checkbox"/> Medium specification.	<input type="checkbox"/> Non ventilated. <input type="checkbox"/> Ventilated or kept under negative pressure.	
		<input type="checkbox"/> Capturing hoods: on tool extraction. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: fume cupboard. <input type="checkbox"/> Enclosing hoods: horizontal downward	<input type="checkbox"/> High specification / isolator.		

		laminar flow both.	
		<input type="checkbox"/> Enclosing hoods: others.	
		<input type="checkbox"/> Other LEV systems.	
<p>• Is the process fully enclosed and is the integrity of that enclosure regularly monitored?</p>			
<input type="checkbox"/> Yes.		<input checked="" type="checkbox"/> No.	
		<p>• Are demonstrable and effective housekeeping practices in place (e.g. daily cleaning using appropriate methods (e.g. vacuum), preventive maintenance of machinery and control measures, and use of protective clothing that will repel spills and reduce personal cloud)?</p>	
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
		<p>• Are general housekeeping practices in place?</p>	
		<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
<p>• Is the work performed indoors, outdoors or in a spray room or downward laminar flow booth?</p>			
<input checked="" type="checkbox"/> Indoors.	<input type="checkbox"/> Outdoors.	<input type="checkbox"/> Spray room.	<input type="checkbox"/> Downward laminar flow booth.
<p>• What is the room size of the work area?</p> <input type="checkbox"/> Any size workroom. <input type="checkbox"/> Large workrooms only. <input type="checkbox"/> Small workrooms only. <input type="checkbox"/> 30 m ³ <input type="checkbox"/> 100 m ³ <input type="checkbox"/> 300 m ³ <input type="checkbox"/> 1000 m ³ <input checked="" type="checkbox"/> 3000 m ³	<p>• Is the source located close to buildings?</p> <input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No.	<p>• Type:</p> <input type="checkbox"/> Cross flow. <input type="checkbox"/> Down flow.	<p>• Type:</p> <input type="checkbox"/> No barriers or screen. <input type="checkbox"/> Partial screen. <input type="checkbox"/> Partial screen fitted with glove ports.

<p>• What is the ventilation rate of the general ventilation system in the work area?</p> <p><input type="checkbox"/> No restriction on general ventilation characteristics.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Only good natural ventilation.</p> <p><input type="checkbox"/> Mechanical ventilation giving at least 1 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> Specialised room ventilation with more than 10 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> 0.3 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> 1 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> 3 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> 10 ACH.</p> <p><input type="checkbox"/> 30 ACH.</p>	
<p>• Are secondary sources present in the workroom in addition to the source in the breathing zone of the worker?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Yes.</p>	
<p>• Carry over near-field inputs?</p> <p>No</p>	
<p>• Far Field Secondary Emission Source: repeat and complete step2, step3 and 4</p>	
<p>• Is the emission source segregated from the work environment by isolation of the source in a segregated room or work area?</p> <p><input type="checkbox"/> Partial segregation without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Partial segregation with ventilation and filtration of recirculated air</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation without ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Complete segregation with ventilation and filtration of recirculated air</p> <p><input type="checkbox"/> No segregation</p>	
<p>Step 5: Exposure Predictions</p>	
<p>• Type of exposure:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Full shift. <input checked="" type="checkbox"/> Long term.</p>	
<p>• Percentile:</p> <p><input type="checkbox"/> 50th. <input type="checkbox"/> 50th.</p> <p><input type="checkbox"/> 75th. <input type="checkbox"/> 75th.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 90th. <input checked="" type="checkbox"/> 90th.</p> <p><input type="checkbox"/> 95th. <input type="checkbox"/> 95th.</p> <p><input type="checkbox"/> 99th. <input type="checkbox"/> 99th.</p>	
<p>• Confidence interval:</p> <p><input type="checkbox"/> Interquartile. <input type="checkbox"/> Interquartile.</p> <p><input type="checkbox"/> 80%. <input type="checkbox"/> 80%.</p> <p><input type="checkbox"/> 90%. <input type="checkbox"/> 90%.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 95%. <input checked="" type="checkbox"/> 95%.</p>	
<p>• Estimate: 0,44 mg/m3 • Estimate: 0,39 mg/m3</p>	
<p>• Confidence Interval: 0,058 mg/m3–5 mg/m3 • Confidence Interval: 0,051 mg/m3–5 mg/m3</p>	

Ficha 13 Evaluación de riesgos por inhalación de aplicación de pintura fotocatalítica con NMS mediante rodillo mediante el uso de Stoffenmanager Nano module 1.0. (Spraying or dispersion of a ready to use nanoprodukt.).

Step 1: General	
<ul style="list-style-type: none"> Name risk assessment: Aplicación de pintura fotocatalítica con NMS mediante rodillo 	
<ul style="list-style-type: none"> Source domain: 	
<input type="checkbox"/> Release of primay particles during actual synthesis. <input type="checkbox"/> Handling of bulk aggregated/agglomerated nanopowders <input type="checkbox"/> Fracturing and abrasion of MNOs embedded end products	<input checked="" type="checkbox"/> Spraying or dispersion of a ready to use nanoprodukt.
<ul style="list-style-type: none"> Product Type: 	
<input type="checkbox"/> Intermediate <input checked="" type="checkbox"/> Ready to use product	
Step 2: Product characteristics	
<ul style="list-style-type: none"> Product name: Salud Activa 	
<ul style="list-style-type: none"> Supplier: Centro de producción de pinturas 	
<ul style="list-style-type: none"> Date PIS: 	
<ul style="list-style-type: none"> Date MSDS: 	
<ul style="list-style-type: none"> Product appearance: 	
<input type="checkbox"/> Powder.	<input type="checkbox"/> Granules/flakes.
<input checked="" type="checkbox"/> Particles dispersed in a liquid.	
<ul style="list-style-type: none"> Dustiness: 	
<input type="checkbox"/> Very high (>500mg/kg). <input type="checkbox"/> High (>150- 500mg/kg). <input type="checkbox"/> Medium (50- 150mg/kg). <input type="checkbox"/> Unknown.	
<ul style="list-style-type: none"> Moisture content: 	
<input type="checkbox"/> Dry product (<5% moisture content). <input type="checkbox"/> 5-10% moisture content. <input type="checkbox"/> >10% moisture content.	
<ul style="list-style-type: none"> Viscosity of the liquid: 	
<input type="checkbox"/> Liquids with low viscosity (like water). <input checked="" type="checkbox"/> Liquids with medium viscosity (like oil). <input type="checkbox"/> Liquids with high viscosity (like paste, syrup).	
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact dilution of the product with water? 	
<input type="checkbox"/> Yes.	<input checked="" type="checkbox"/> No.
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 	
<ul style="list-style-type: none"> Concentration: 	
<input type="checkbox"/> Undiluted <input checked="" type="checkbox"/> Concentrated <input type="checkbox"/> Moderately diluted <input type="checkbox"/> Diluted <input type="checkbox"/> Very diluted <input type="checkbox"/> Extremely diluted	
<ul style="list-style-type: none"> Nano Component: nano TiO2 	
<ul style="list-style-type: none"> Name nano component: nano TiO2 	
<ul style="list-style-type: none"> Do you know the exact concentration of the nano component in the product? 	
<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> No
<ul style="list-style-type: none"> Exact concentration percentage %: 	
<ul style="list-style-type: none"> Concentration: 	
<input type="checkbox"/> Undiluted <input type="checkbox"/> Concentrated <input type="checkbox"/> Moderately diluted <input checked="" type="checkbox"/> Diluted <input type="checkbox"/> Very diluted	
<ul style="list-style-type: none"> Does the product contain fibers / fiber like particles? 	

<input type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> No		
• Length: diameter of the fiber (aspect ratio)		• Inhalation hazard:	
<input type="checkbox"/> Unknown/unknown.	<input type="checkbox"/> Unknown	<input type="checkbox"/> Mutagenic (and possibly carcinogenic) and/or sensitizing.	<input type="checkbox"/> Carcinogenic (not mutagenic), reprotoxic and/or very toxic.
<input type="checkbox"/> Unknown/known.		<input type="checkbox"/> Toxic, corrosive and/or respiratory allergens.	<input type="checkbox"/> Harmful and/or irritating.
<input type="checkbox"/> Aspect ratio $\geq 3:1$.		<input checked="" type="checkbox"/> Non-hazardous.	
<input type="checkbox"/> Aspect ratio $\leq 3:1$.			
<input type="checkbox"/> $\geq 5000\text{nm}/\text{unknown}$.			
<input type="checkbox"/> $\geq 5000\text{nm}/\text{known}$.			
• Does it concern one of the following OECD components?			
<input type="checkbox"/> C60 Fullerene	<input type="checkbox"/> Carbon black	<input type="checkbox"/> SiO ₂ Silica or silicon dioxide	<input type="checkbox"/> Others MNOs
<input type="checkbox"/> Sb ₂ O ₅ Antimony oxide or Antimony pentoxide	<input type="checkbox"/> Ag nano Silver		
<input type="checkbox"/> SnO ₂ Tin oxide	<input type="checkbox"/> Fe Iron		
<input type="checkbox"/> CoO cobalt oxide	<input type="checkbox"/> Au Gold		
	<input type="checkbox"/> Pb Lead		
	<input type="checkbox"/> La Lanthanide		
	<input type="checkbox"/> TiN Titanium nitride		
	<input type="checkbox"/> TiO ₂ Titanium dioxide		
	<input type="checkbox"/> CeO ₂ Cerium oxide		

	<input type="checkbox"/> ZnO Zinc oxide <input type="checkbox"/> Al ₂ O ₃ Aluminium oxide <input type="checkbox"/> Fe Iron oxides <input type="checkbox"/> Nanoclay <input type="checkbox"/> Polymers <input type="checkbox"/> Nano polystyrene <input type="checkbox"/> Dendrimers		
		<ul style="list-style-type: none"> Does the nanoparticle concern crystalline silica/quartz ? 	<ul style="list-style-type: none"> Is the parent material classified with one or more of the following R-phrases: R40, R42, R43, R45, R46, R49, R68?
		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown
		<ul style="list-style-type: none"> Is the primary particle diameter larger than 50 nm? 	
		<input type="checkbox"/> Yes. <input type="checkbox"/> No. <input type="checkbox"/> Unknown.	
<ul style="list-style-type: none"> Number of exposed employees: 1 			
<ul style="list-style-type: none"> Production or usage volume in kg a year: 			
<ul style="list-style-type: none"> Startdate of period worked with the product: 			
<ul style="list-style-type: none"> Enddate of period worked with the product: 			
<ul style="list-style-type: none"> Last update date of additional registration: 			
Step 3: Handling / Process			
<ul style="list-style-type: none"> Characterize your task 			
<input type="checkbox"/> Handling of liquids at high pressure resulting in substantial generation of visible mist or spray/haze <input type="checkbox"/> Handling of liquids on large surface or large workpieces <input checked="" type="checkbox"/> Handling of liquids using low pressure, low speed with large or medium quantities <input type="checkbox"/> Handling of (almost) undisturbed liquids (very low speed), very small quantities (under controlled conditions) of liquids in the tightly closed containers.			
<ul style="list-style-type: none"> Duration task 			
<input type="checkbox"/> 4 to 8 hours a day. <input type="checkbox"/> 2 to 4 hours a day. <input type="checkbox"/> 0.5 to 2 hours a day. <input checked="" type="checkbox"/> 1 to 30 minutes a day.			
<ul style="list-style-type: none"> Frequency task. 			
<input checked="" type="checkbox"/> 4 to 5 days a week.			

- 2 to 3 days a week.
- Approximately 1 day a week.
- Approximately 1 day per 2 weeks.
- Approximately 1 day a month.
- Approximately 1 day a year.

• Is the task being carried out in the breathing zone of an employee (distance head-product <1 meter)?

- Yes. No.

<p>• Is there more than one employee carrying out the same task simultaneously?</p>	<p>• Is the employee situated in a cabin?</p>
--	--

- | | |
|--|---|
| <p><input type="checkbox"/> Yes.
<input checked="" type="checkbox"/> No.</p> | <p><input type="checkbox"/> The worker does not work in a cabin.
<input type="checkbox"/> The worker works in a cabin without specific ventilation system.
<input type="checkbox"/> The worker works in a separated (control) room with independent clean air supply.</p> |
|--|---|

Step 4: Working area

• Is the working room being cleaned daily?

- Yes.
 No.

• Are inspections and maintenance of machines/ancillary equipment being done at least monthly to ensure good condition and proper functioning and performance?

- Yes.
 No.

• Volume of the working room:

- <100 m³. 100-1000 m³. >1000 m³. Work performed outside.

Ventilation of the working room.

- No general ventilation.
 Mechanical or/and natural ventilation.
 Spraying booth.

Step 5: Local control measures and personal protective equipment

• Local control measures

- No control measures at the source.
 Use of a product that limit the emission.
 Local exhaust ventilation.
 Containment of the source.
 Containment of the source with local exhaust ventilation.
 Glove boxes/bags

• Is the employee situated in a cabin? * Answered in step 3.

• Is personal protective equipment applied?

- None.
 Filter mask P2 (FPP2).
 Filter mask P3 (FPP3).
 Half mask respirator with filter, type P2L.
 Half mask respirator with filter, type P3L.
 Half/full face powered air respirator TMP1 (particle cartridge).
 Half/full face powered air respirator TMP2 (particle cartridge).
 Half/full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge).
 Full face powered air respirator TMP3 (particle cartridge).
 Hood or helmet with supplied air system TH1.
 Hood or helmet with supplied air system TH2.
 Hood or helmet with supplied air system TH3.

Step 6: Risk assessment	
• Hazard class	
<input checked="" type="checkbox"/>	A
<input type="checkbox"/>	B
<input type="checkbox"/>	C
<input type="checkbox"/>	D
<input type="checkbox"/>	E
• Time weighted exposure class	
<input checked="" type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4
• Time weighted risk score	
<input type="checkbox"/>	I
<input type="checkbox"/>	II
<input checked="" type="checkbox"/>	III
• Task weighted exposure class	
<input checked="" type="checkbox"/>	1
<input type="checkbox"/>	2
<input type="checkbox"/>	3
<input type="checkbox"/>	4
• Task weighted risk score	
<input type="checkbox"/>	I
<input type="checkbox"/>	II
<input checked="" type="checkbox"/>	III

13.4. FICHAS TÉCNICAS Y DE DATOS DE SEGURIDAD DE PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS

Pintura plástica mate.



FICHA TÉCNICA MATE EXTRA

Pintura plástica mate para interior-externo

DESCRIPCIÓN

Pintura plástica mate de excelente poder de cubrición y resistencia al exterior que evita la aparición de moho.

USOS RECOMENDADOS

Pintura plástica mate para todo tipo de superficies de albañilería (yeso, escayola, cemento, fibrocemento, etc.) debido a su resistencia a la alcalinidad y penetración, está especialmente indicado para el pintado de fachadas, rehabilitación, decoración exterior e interior, paneles de yeso cartón y todos los soportes de la construcción.

PROPIEDADES

- . Gran resistencia, dureza y adherencia.
- . Máximo rendimiento.
- . Impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua.
- . Resistente al moho. Evita la aparición de manchas de hongos y algas.
- . Excelente resistencia al frote húmedo después de 7 días de su aplicación.
- . Resistente a las inclemencias del tiempo y al envejecimiento.
- . Aspecto y tacto sedoso.
- . Protección frente a la humedad.
- . Buena brochabilidad, cubrición y rendimiento.
- . Mínima retracción en su secado.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Vehículo:	Copolímeros acrílicos en dispersión acuosa.
Pigmentos:	Bióxido de titanio y extendedores seleccionados.
Aspecto:	Mate.
Diluyente:	Agua.
Sólidos en peso:	68 ± 2 %
Peso Específico:	1,65 ± 0,05 g/cc.
Resistencia al frote en húmedo:	Tipo I (UNE 48243)
COV (2010):	Máximo 30 g/l.
Color:	Blanco. Otros colores consultar.
Secado:	40-50 minutos a 20°C.
Repintado:	Mínimo 6 horas.
Rendimiento Teórico:	8-12 m ² /l y mano. Depende de la irregularidad y absorción de la superficie.
Reacción al fuego:	B-s1;d0
Envasado:	4 y 14 litros



FICHA TÉCNICA MATE EXTRA

Pintura plástica mate para interior-exterior

APLICACIÓN

Preparación de la superficie:

Sobre superficies nuevas de materiales de construcción, comprobar que su estado es el adecuado, limpiar la superficie para eliminar restos de polvo, grasa y suciedad en general y aplicar una primera capa diluida como mínimo entre un 10-15% con agua, aunque es recomendable para consolidar la superficie o unificar la absorción utilizar un fijador acrílico como nuestro FIJADOR para obtener un mejor resultado.

Sobre superficies ya pintadas, si la pintura está en mal estado habrá que eliminarla o si es pintura al temple proceder como en el caso de una superficie nueva. Si tiene buena adherencia, lijarla suavemente para matizar y eliminar el polvo antes de pintar.

En caso de eflorescencias o salitre, tratar con algún líquido neutralizante o con una solución de ácido clorhídrico al 10% en agua, aclarar con abundante agua y dejar secar antes de pintar.

En caso de contaminación por moho, hongos, algas u otros elementos, aplicar una solución de agua y lejía o sal fuma al 10% sobre la superficie, dejar actuar de 15-20 minutos. A continuación aclarar profundamente con agua y dejar secar completamente antes de aplicar la pintura. Proceder como en superficies nuevas o ya pintadas.

Para el pintado de otras superficies no contempladas en la presente ficha técnica, contactar con nuestro Departamento Técnico.

Modo de empleo:

Remover bien el contenido del envase hasta homogeneizar perfectamente el producto. Aplicar siempre sobre superficies saneadas, limpias, secas, libres de polvo, ceras, grasas, etc. Puede aplicarse a brocha, rodillo o pistola. Para aplicación con brocha y rodillo dar una primera mano diluida entre un 10-15% con agua y una segunda rebajada ligeramente. Para aplicación a pistola diluir entre un 5-10%.

No aplicar nunca por debajo de 5°C ni superior a 35°C.

OBSERVACIONES

Las características del producto se obtienen una vez seco y reticulado completamente, así como aplicado sobre los soportes especificados

El consumo es teórico y depende del estado del soporte. El consumo real deberá ser determinado para cada obra en particular mediante ensayos representativos.

Los datos aquí reseñados están basados sobre nuestros conocimientos actuales, ensayos de laboratorio y en su uso práctico en circunstancias concretas mediante juicios subjetivos.

Debido a la imposibilidad de establecer una descripción apropiada a cada naturaleza y estado de cada superficie, nos es imposible garantizar la total reproductividad en cada uso concreto.

Tanto el fabricante como el vendedor no asumen, salvo acuerdos específicos por escrito, ninguna responsabilidad derivada del uso de nuestros productos, por los resultados, perjuicios, etc., que puedan presentar en aplicaciones realizadas de acuerdo con nuestras recomendaciones, ya que estas quedan fuera del control de la compañía.

ESTABILIDAD Y CONSERVACIÓN EN EL ENVASE

Conservar el envase bien cerrado, bajo techo y a temperatura entre 5 y 30°C

La vida útil del producto en su envase original y sin abrir es de un año.

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

No se requieren medidas de seguridad especiales al ser un producto en base agua, salvo las habituales. No ingerir el producto. Mantener los botes abiertos fuera del alcance de los niños. Mantener una buena ventilación en caso de aplicación en interiores. Para más información ver ficha de seguridad del producto.

Los datos indicados en esta ficha técnica pueden ser modificados sin previo aviso.

REVISION: 08/03/2016

PINTURAS IRIS COLOR, S.L –CIF: B02485654 – POL. IND. EL SALVADOR AVDA.III NAVE 14-15
02630-LA RODA (ALBACETE) – APDO. CORREOS 88 - TL: 967 11 42 72 – FAX: 967 44 06 78
E-mail: pinturasiriscolor@pinturasiriscolor.com – Web: pinturasiriscolor.com

Pintura fotocatalítica con nanoTiO₂ (1,5% concentración máxima).



Administración y Ventas
c/. Major, 59 bajos • 08170 Montornès del Vallès • Barcelona
Tel. 93 118 37 32 • Fax 93 568 30 91

Fábrica
c/. Balsas, 6 • 44550 Alcorisa • Teruel
Tel. 978 841 044 • Fax. 978 811 015

FICHA TÉCNICA SALUD ACTIVA INTERIOR

DESCRIPCIÓN

Pintura FOTOCATALÍTICA mate interior al agua. Es la pintura que cuida tu salud, reduciendo bacterias y hongos, eliminando olores, contaminación y suciedad. Tan sencilla de aplicar como cualquier pintura plástica.

USO RECOMENDADO

Especialmente desarrollada para decorar techos y paredes interiores, aportando un nuevo concepto en la protección, no sólo de las superficies a tratar, sino del aire que las rodea, mejorando así la calidad de vida de las personas que comparten dichos espacios.

PROPIEDADES TÉCNICAS GENERALES

Producto FOTOCATALÍTICO al agua. (Cuenta con el certificado del CSIC)
Acabado mate
Bajo olor durante la aplicación y secado
Buen poder cubriente

DATOS TÉCNICOS

Aspecto:	Mate
Color:	Blanco y carta de colores
Volumen sólidos:	42 ± 2%
Rendimiento:	8-10 m ² /litro y capa
Número de capas:	2
Peso específico:	1,54 ± 0,02 Kg/Litro
Secado al tacto:	1 hora a 20° C y 60% humedad relativa
Punto inflamación:	Ininflamable
COV's:	0,5 g/l (Directiva 2004/42/CE (RD 22/2006) Anexo I subcategoría a): 30 g/l max)

APLICACIÓN

Modo de empleo:	Agitar bien antes de usar
Método:	Rodillo, brocha, pistola
Dilución:	5 – 10% según soporte o sistema de aplicación
Diluyente y limpieza:	Agua
Intervalo de repintado:	Mínimo: 4 horas a 20° C Máximo: no tiene

Condiciones de aplicación:

Aplicar con temperaturas superiores a + 5° C y humedad relativa inferior al 80%. La temperatura de la pintura y de la superficie debe encontrarse por encima de este límite.

PREPARACIÓN DE SUPERFICIES Y ESQUEMA RECOMENDADO

El soporte debe estar completamente seco y libre de humedad. Eliminar lechada de fraguado, eflorescencias, sales solubles, polvo, grasa, desmoldantes y otros contaminantes, mediante procedimientos mecánicos o manuales. Nivelar irregularidades y desperfectos con un plaste o masilla adecuados.

<i>Sellado:</i>	Aplicar una capa de fondo fijador al agua. Dejar secar 4 horas a 20° C.
<i>Acabado:</i>	Aplicar dos capas de SALUD ACTIVA INTERIOR. Dejar secar 3 horas entre capas.

OBSERVACIONES

Evitar la exposición directa del envase al sol. No aplicar durante las horas de máxima insolación. No utilizar agua salobre, químicamente contaminada, turbia o excesivamente calcárea como diluyente, porque podría alterar las propiedades del recubrimiento. Almacenar el producto en lugares frescos y secos

SEGURIDAD

Producto al agua, no requiere instrucciones especiales para su aplicación. Los envases llevan las correspondientes etiquetas de seguridad, cuyas indicaciones deben ser observadas. Además, deben seguirse las exigencias de la legislación nacional o local.

REV: 1/130402

La información de esta Ficha Técnica está basada en nuestros propios conocimientos actuales y en las leyes vigentes de la UE y nacionales. El producto no debe utilizarse para fines distintos a los que se especifican. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas necesarias con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones vigentes. La información contenida en esta Ficha no hay que considerarla como una garantía de sus propiedades.

Recubrimiento con nanoTiO₂ (1,5% concentración máxima)

NANOPINTURAS

Nanopinturas.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006
Versión 3.1 Fecha de revisión 18.04.2013

SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto

Nombre del producto : Fotoactiva Sol, Tio2 in H2O Anatase

Referencia : Fotactiva sol

Marca : **Nanopinturas**

REACH No. : Un número de registro no está disponible para esta sustancia, ya que la sustancia o sus usos están exentos del registro, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior

No. CAS : 1317-70-0

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Pintura, Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Nanotecnología Spain SL
Poligono Empresarium,
Calle Sisallo numero 11,
Nave 3 La Cartuja Zaragoza
Aptdo. Correos 50720

Teléfono : +34 971 198472

Fax :

E-mail de contacto : info@nanopinturas.com

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 00 34 669460609 (Nanopinturas España)
+(34) 971 198472 (Central / internacional)

SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

No es una sustancia o mezcla peligrosa de acuerdo con el Reglamento (CE) No. 1272/2008.
Esta sustancia no esta clasificada como peligrosa según la Directiva 67/548/CEE.

2.2 Elementos de la etiqueta

El producto no necesita ser etiquetado de acuerdo con las directivas de la Comunidad Europea ó las respectivas leyes nacionales.

2.3 Otros Peligros - ninguno(a)

SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Sinónimos : Titanium dioxide

Formula : TiO₂

Peso molecular : 79,87 g/mol

No. CAS : 1317-70-0

No. CE : 215-280-1

Según la normativa aplicable no es necesario divulgar ninguno de los componentes.

SECCIÓN 4: Primeros auxilios**4.1 Descripción de los primeros auxilios****Si es inhalado**

Si aspiró, mueva la persona al aire fresco. Si ha parado de respirar, hacer la respiración artificial.

En caso de contacto con la piel

Eliminar lavando con jabón y mucha agua.

En caso de contacto con los ojos

Lavarse abundantemente los ojos con agua como medida de precaución.

Si es tragado

Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuague la boca con agua.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

sin datos disponibles

SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios**5.1 Medios de extinción****Medios de extinción apropiados**

Usar agua pulverizada, espuma resistente al alcohol, polvo seco o dióxido de carbono.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Óxidos de titanio/titanio

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Si es necesario, usar equipo de respiración autónomo para la lucha contra el fuego.

5.4 Otros datos

sin datos disponibles

SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia**

Evite la formación de polvo. Evitar respirar los vapores, la neblina o el gas.

Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No se requieren precauciones especiales medioambientales.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Limpiar y traspalar. Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en un lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

Controles técnicos apropiados

Procedimiento general de higiene industrial.

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).

Protección de la piel

Manipular con guantes. Los guantes deben ser inspeccionados antes de su uso. Utilice la técnica correcta de quitarse los guantes (sin tocar la superficie exterior del guante) para evitar el contacto de la piel con este producto. Deseche los guantes contaminados después de su uso, de conformidad con las leyes aplicables y buenas prácticas de laboratorio. Lavar y secar las manos.

Los guantes de protección seleccionados deben de cumplir con las especificaciones de la Directiva de la UE 89/686/CEE y de la norma EN 374 derivado de ello.

Protección Corporal

Elegir la protección para el cuerpo según sus características, la concentración y la cantidad de sustancias peligrosas, y el lugar específico de trabajo. El tipo de equipamiento de protección debe ser elegido según la concentración y la cantidad de sustancia peligrosa al lugar específico de trabajo.

Protección respiratoria

Protección respiratoria no requerida. Donde la protección sea deseada Usar respiradores y componentes testados y aprobados bajo los estándares gubernamentales apropiados como NIOSH (EEUU) o CEN (UE)

Control de exposición ambiental

No se requieren precauciones especiales medioambientales.

SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- | | |
|--|--------------------------------------|
| a) Aspecto | Forma: Líquido Blanquecino |
| b) Olor | sin datos disponibles |
| c) Umbral olfativo | sin datos disponibles |
| d) pH | sin datos disponibles |
| e) Punto de fusión/ punto de congelación | Punto/intervalo de fusión: sin datos |
| f) Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición | disponibles |
| g) Punto de inflamación | no aplicable |
| h) Tasa de evaporación | sin datos disponibles |
| i) Inflamabilidad (sólido, gas) | sin datos disponibles |
| j) Inflamabilidad superior/inferior o límites explosivos | sin datos disponibles |

k)	Presión de vapor	no aplicable
l)	Densidad de vapor	sin datos disponibles
m)	Densidad relativa	sin datos disponibles
n)	Solubilidad en agua	sin datos disponibles
o)	Coefficiente de reparto n-octanol/agua	no aplicable
p)	Temperatura de auto- inflamación	no inflamable por sí mismo
q)	Temperatura de descomposición	sin datos disponibles
r)	Viscosidad	sin datos disponibles
s)	Propiedades explosivas	sin datos disponibles
t)	Propiedades comburentes	La sustancia o mezcla no se clasifica como oxidante.

9.2 Otra información de seguridad
sin datos disponibles

SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad
sin datos disponibles

10.2 Estabilidad química
Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas
sin datos disponibles

10.4 Condiciones que deben evitarse
sin datos disponibles

10.5 Materiales incompatibles
Agentes oxidantes fuertes

10.6 Productos de descomposición peligrosos
Otros productos de descomposición peligrosos - sin datos disponibles
En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11: Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda
DL50 Oral - rata - hembra - > 5.000 mg/kg
CL50 Inhalación - rata - macho - 4 h - > 6,82 mg/l

Corrosión o irritación cutáneas
Piel - conejo
Resultado: No irrita la piel
(OECD TG 404)

Lesiones o irritación ocular graves
Ojos - conejo
Resultado: No irrita los ojos
(OECD TG 405)

Sensibilización respiratoria o cutánea
Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales
Sin datos disponibles



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

