

# Evaluación de la efectividad de medios de protección individual y colectiva para el control de los riesgos por exposición a nanomateriales - NanoRISK



**Carlos Fito López**

Coordinador del Proyecto. Responsable de la unidad de I+D en seguridad de nanomateriales

Sevilla / 21 de Enero de 2016

Jornada Técnica. Nanomateriales "Seguridad y salud en el trabajo con nanomateriales"



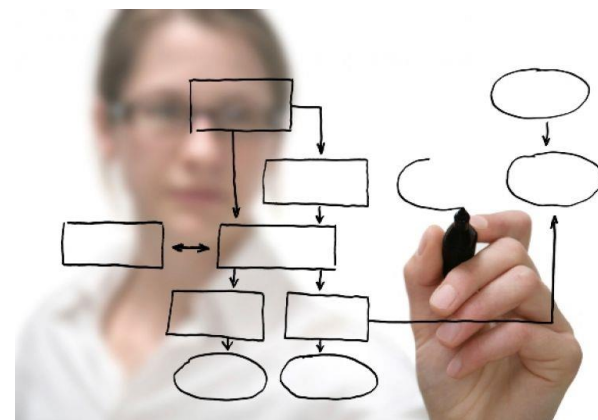
## Índice

1. Visión general del proyecto
2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto
3. Resultados alcanzados
4. Conclusiones



Development Best Practices Effectiveness, Prevention and Protection measures for mitigating and control the risk posed by ENMs

# 1. Visión general del proyecto



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



## 1. Visión general del proyecto

### □ Motivación del proyecto / concepto

El proyecto surge de la necesidad de promover el control de los potenciales riesgos de los NMs en vista del creciente aumento de los niveles de producción de nanomateriales y nanoproductos, y la incertidumbre actual relativa a sus propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.

Aplicación de la nanotecnología (Nanomateriales)

MWCNTs / SWCNTs

Metales y Óxidos

Carbonatos / Sílices

Arcillas

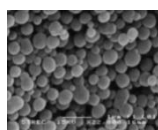
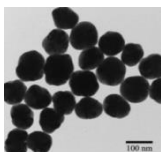
Nuevos productos de alto valor añadido (Nano-Composites)

Conductividad

Efectos bactericidas

Propiedades mecánicas

Propiedades barrera



Barreras: Salud laboral e impacto ambiental

- Diversos estudios indican que la exposición a determinados NMs pueden ocasionar efectos agudos y/o crónicos en la salud humana y el medio ambiente
- Un número muy limitado de estudios aportan información sobre la efectividad de los medios de protección frente a la exposición a partículas en el rango del nanómetro



- Falta de información relativa a los niveles de exposición y medios de protección
- Aumento de las disposiciones legales aplicable: REACH / CLP / Cosméticos
- Falta de datos accesibles relativos al perfil toxicológico de los NMs



## 1. Visión general del proyecto

### ❑ Motivación del proyecto / concepto

Los objetivos y tareas planteadas en el marco del proyecto giran en torno a la necesidad de dotar a la industria de **herramientas de base tecnológica para la caracterización, evaluación y gestión de los potenciales efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente de los nanomateriales (NMs)**, considerando como aspectos claves:

- La mejora del conocimiento relativo a los riesgos de los nanomateriales.
- La definición de los niveles de exposición esperados en condiciones habituales en entornos industriales.
- La necesidad de garantizar un alto nivel de protección de la salud de las personas y el medio ambiente
- La obligación de proporcionar medios de protección adecuados a los riesgos que motivan su uso.







## 1. Visión general del proyecto

### ■ Objetivos del Proyecto

De forma global, el proyecto pretende **evaluar la eficacia** de los equipos de protección de protección individual (EPIs) y sistemas de ventilación (LEV) como **medios de protección frente a los potenciales riesgos de los nanomateriales de mayor aplicación en la industria de los nanocomposites**, incluyendo aplicaciones en envases y embalaje, automoción, construcción y electrónica.

Para tal fin, las principales acciones definidas incluyen:

- ❗ El desarrollo de un **prototipo de cámara de ensayos** para la evaluación del comportamiento aerodinámico de nanoaerosoles y la evaluación de la eficacia de medios de protección
- ❗ El desarrollo de **protocolos estándar (SOPs)** para la evaluación de la eficacia de equipos de protección individual (EPIs) y sistemas de ventilación (LEVs)
- ❗ La **determinación experimental** de la efectividad de equipos de protección respiratoria, guantes, ropa, y sistemas de ventilación
- ❗ La **selección de medios de protección eficaces y el desarrollo de herramientas para promover su uso**, incluyendo la RMM library y la guía de uso de EPIs (cooperación con INSHT).





## 1. Visión general del proyecto



De acuerdo con la memoria de solicitud del Proyecto, y considerando las prioridades del programa LIFE, los objetivos específicos incluyen :

- ❗ Construcción de una **librería interactiva en formato Microsoft Excel** para la consulta de información relativa a la eficacia de medios de protección frente a distintos tipos de nanomateriales y operaciones de manipulación “procesos - PROCs”: RMM Library
- ❗ Desarrollo y validación de un prototipo de cámara (**Nanoaerosol Test Chamber**) para la evaluación de efectividad de equipos de protección individual y colectiva frente a aerosoles en rango nanométrico en condiciones de ensayo reproducibles.
- ❗ Desarrollo de una **guía multimedia para la selección de medios de protección** adecuados frente a nanomateriales



- ❗ Mejorar la base de conocimiento relativa a los **parámetros que determinan la exposición a NMs** en el lugar de trabajo.
- ❗ Mejorar la base de conocimientos actual para **la estimación de cantidad de NMs liberada al medio ambiente** vía efluentes industriales.
- ❗ Analizar la **adecuación de las normas internacionales** (ISO/ASTM) para la certificación de la efectividad de medios de protección.
- ❗ Definir los **escenarios habituales de exposición a NMs** en el lugar de trabajo, incluyendo condiciones operativas, niveles de exposición, niveles de exposición y medios de protección.



## 1. Visión general del proyecto

### ■ Objetivos del Proyecto

- ❗ Promover el desarrollo de **herramientas para la caracterización del peligro y potencial de exposición** con objeto de apoyar a la industria en el procesos de evaluación de la seguridad química en el contexto legal actual, principalmente REACH.
- ❗ Comunicación de los resultados del proyecto a través de los medios definidos por el programa de financiación LIFE e incluyendo la organización de talleres prácticos, seminarios y conferencias
- ❗ Promover el la **implantación del reglamento REACH** como herramienta para el control y gestión de los potenciales riesgos de los nanomateriales.

La consecución de los objetivos definidos permitirán alcanzar un **mayor grado de protección de la salud humana y el medio ambiente** frente a los potenciales riesgos de los NMs, considerando como aspecto clave la generación de nuevos datos sobre usos, exposición y efectividad de medios de protección, todos ellos clave para completar la evaluación de la seguridad química y la caracterización del riesgo en el marco de REACH.





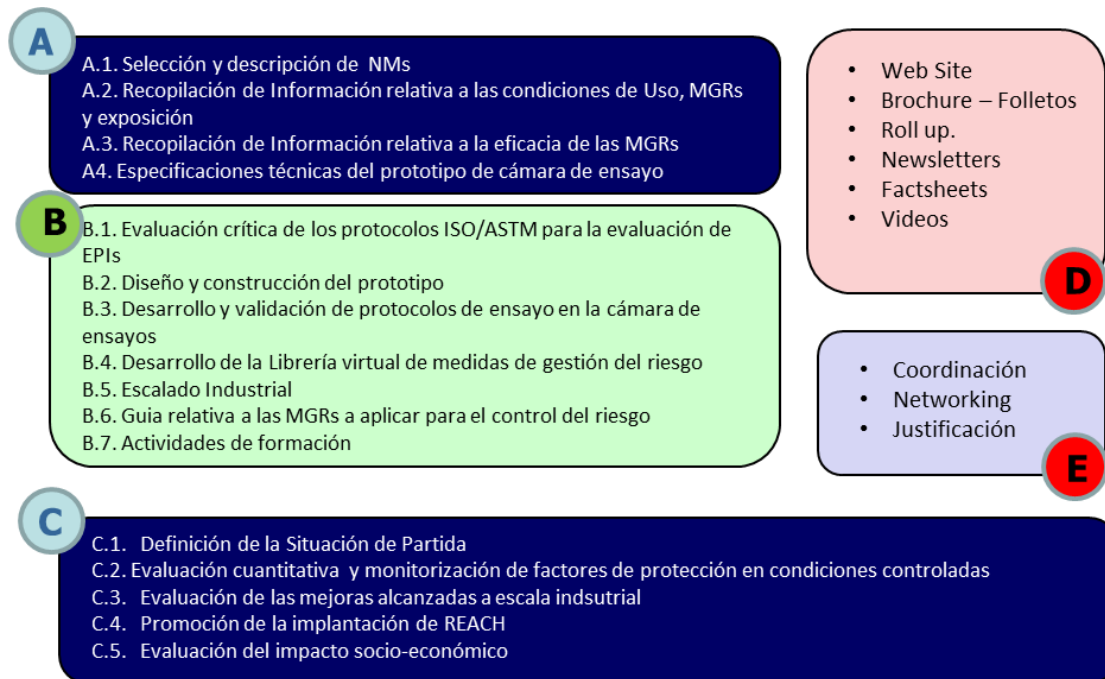
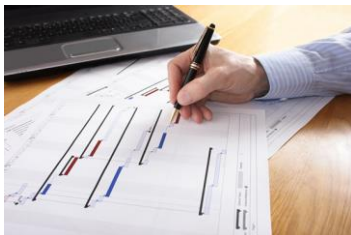


## 1. Visión general del proyecto

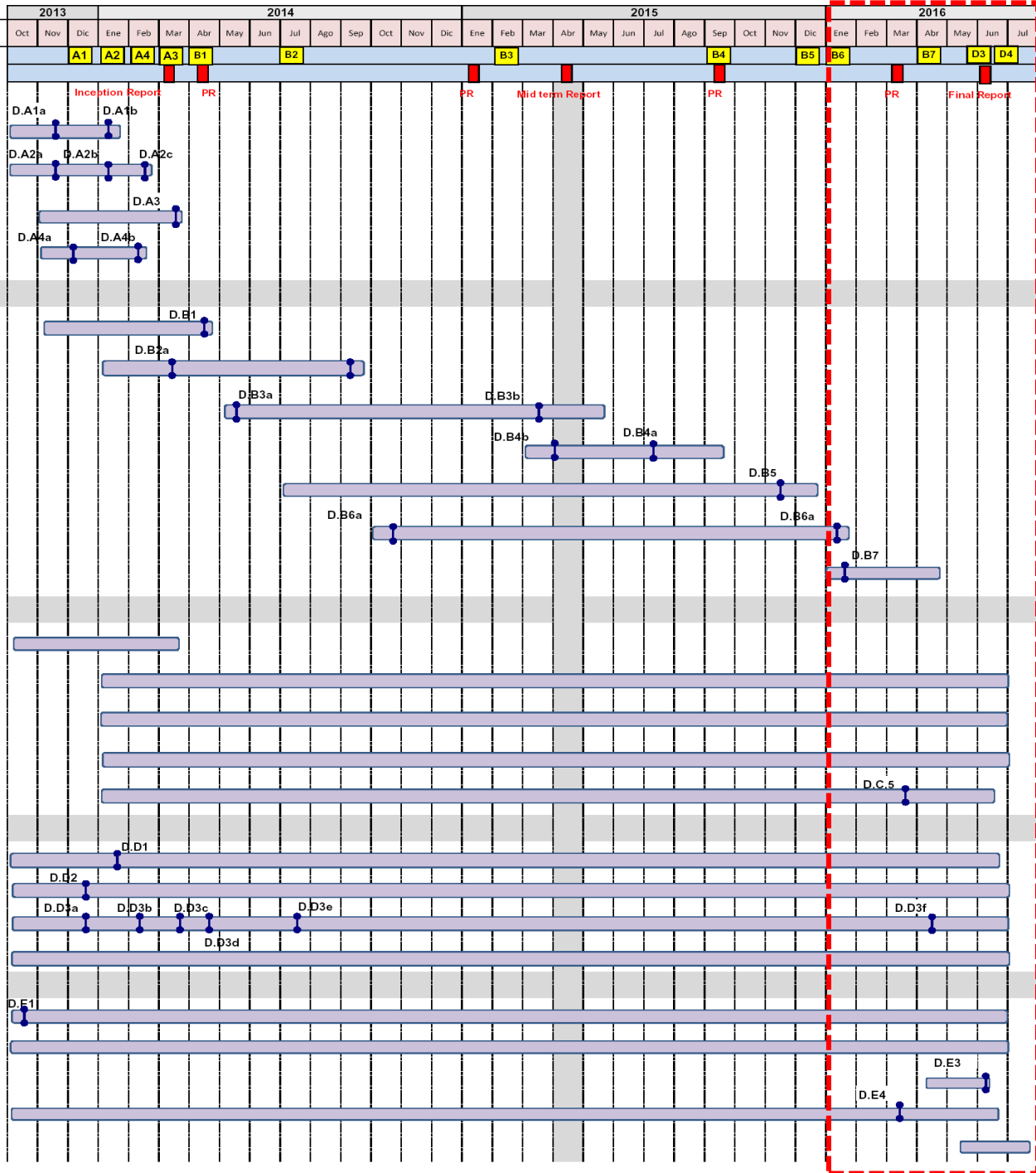
### ■ Actividades principales

El proyecto se divide en 5 tipos de acciones, dos de ellas de **carácter científico-técnico**, una acción dedicada a la **monitorización** del impacto de las acciones del proyecto, una acción dedicada a la **comunicación y difusión** y finalmente una acción dedicada a la **gestión administrativa y técnica** del proyecto

- ▶ A. Preparación
- ▶ B. Implementación
- ▶ C. Monitorización
- ▶ D. Difusión
- ▶ E. Gestión



ACTION	
Action Number	Name of the Action
Milestone line	
Reports line	
A. Preparatory actions	
A.1	Selection of representative Nanomaterials
A.2	Information gathering on the conditions of use and risk management measures across nanomaterials life cycle
A.3	Compilation of data regarding the efficiency of risk management measures for occupational and environmental exposures
A.4	Identification of the test chamber prototype requirements for standardized testing
B. Implementation Actions	
B.1	Compilation and critical evaluation of the published standards for determining the protection efficiency
B.2	Design and construction of the test chamber prototype for demonstration activities
B.3	Development of the testing activities according to the selected approaches
B.4	Development of a Risk Management Measures (RMM) library tool
B.5	Scaling up to industrial case studies
B.6	Guidance on the required measures and controls for mitigating and control the risk posed by the target nanomaterials during its entire life cycle
B.7	Training activities for end users and stakeholders
C. Monitoring the Impact of the project actions	
C.1	Definition of the starting situation – baseline
C.2	Quantitative Assessment and monitoring of the protection factors achieved under controlled conditions
C.3	Evaluation of the improvements achieved in industrial conditions
C.4	Promotion of REACH fulfilment by implementing the LIFE nanoRISK project
C.5	Assessment of the socio-economic impact of the project actions
D. Communication and dissemination actions:	
D.1	Communication and dissemination management
D.2	Preparing and keeping the project website
D.3	Elaboration of informative material
D.4	Dissemination of results
E. Project Management and Monitoring	
E.1	Project management
E.2	Project monitoring
E.3	Financial Audit
E.4	Networking with other projects
E.5	After Life+ Communication plan





NanoRISK - Evaluación de la efectividad de medios de protección individual y colectiva para el control de los riesgos de nanomateriales (LIFE12 ENV/ES/000178)

## 1. Visión general del proyecto



### □ Consorcio

#### ► Coordinación

Instituto tecnológico del embalaje, transporte y Logística (ITENE)

#### ► Asociados:

- Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek n.v (VITO) - Belgium
- Centro Ricerche Plast-Optica (CRP) - Italy
- Avanzare Innovación Tecnológica S.L. (AVANZARE) Spain
- Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo (INVASSAT)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

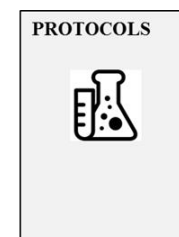
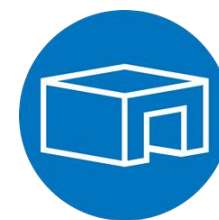




## 1. Visión general del proyecto

### ■ Resultados esperados

- ❗ Prototipo funcional de **cámara de ensayo** para la evaluación de la eficacia de las medidas de prevención y control del riesgo (Nanoaerosol Testing Chamber).
- ❗ Librería de medidas de prevención y control del riesgo eficaces y técnicamente viables (RMM library).
- ❗ Conjunto de **10 protocolos de ensayo estándar** (SOPs) para la evaluación de la eficacia de medidas de prevención y control del riesgo, incluyendo: equipos de protección respiratoria, guantes de protección química, ropa de protección, y procedimientos administrativos.
- ❗ **Guía multimedia** para la selección de EPIs, sistemas de ventilación (LEV) y tecnologías de tratamiento de efluentes eficaces frente a NMs.
- ❗ **Criterios de selección** de medios de protección, incluyendo balances cuantitativos de costes de implementación y eficacia frente a partículas y aerosoles de en rango nanométrico.
- ❗ Descripción completa de las **condiciones de trabajo (escenarios) en los procesos de síntesis y procesamiento de NMs** en los sectores de referencia del proyecto: packaging, automoción, construcción y energía.





## NanoRISK - Evaluación de la efectividad de medios de protección individual y colectiva para el control de los riesgos de nanomateriales (LIFE12 ENV/ES/000178)



### 1. Visión general del proyecto

#### Entregables clave (acceso público vía web)

Entregables	Act.	Descripción	Publicación
Report on representative NMs	A1	Justification of the NMs selected, including market data, hazard and exposure profile.	20/11/2013
Report on regulatory requirements of NMs under REACH	A1	Complete description of the requirements established by REACH, including information, classification and labelling.	13/01/2014
Activities and processes within the NMs life cycle	A2	Description of critical activities and processes across relevant stages in the life cycle	28/11/2013
Report on the OC of the RMM in different processes of the nanomaterials life cycle	A2	Report on the specific uses, operative conditions and RMMs applied under several processes identified across the life cycle of target ENMs and sectors	10/01/2014
A set of representative data on exposure levels to airborne NPs over the NMs life cycle	A2	Report on the current levels of exposure to NMs on the basis of peer reviewed publications.	27/02/2014
Report on the effectiveness of RMM testing methods against NMs	B1	In depth description of the adequacy of common standards to support the certification of personal protective equipment against NMs	24/04/2014
Report on the experimental set up for testing	B3	Detailed description of the set up designed for testing the effectiveness of RMMs	14/05/2014
Report on the quantitative evaluation of the effectiveness of the RMM	B3	Detailed analysis of the performance of selected RMMs, including total inward leakage (TIL) and average penetration factor (APF) for respirators, permeation for dermal protection, capture efficiency for ventilation, and splash protection against ENMs in solution	27/09/2015
Report on the structure, contents and functionalities of the guidance	B6	Definition of the scope of the guidance, main chapters and responsibilities, design, structure and multimedia options	15/10/2014
Report on the reduction in exposure and release in industrial case studies	B5	Report with detailed instructions and procedures to implement PPE and LEV to reduce and control the exposure in industrial settings	15/03/2016
Project Leaflet (x2)	D3	3-fold brochure for dissemination purposes	20/12/2013
Project Factsheet (x2)	D3	Detailed description of the project, including concept, objectives, expected results, and work plan	14/02/2014
Project Newsletter (x3)	D3	Newsletter published containing relevant results and progress of the project	20/02/2016
Notice Boards	D3	Roll-up of the project, including an overview of the main objectives and results	30/04/2014
Informative video downloadable	D3	First version of the video presenting the concept, activities and impact of the Project	29/01/2016
RMM Library Tool	B4	Edition and publication of the Interactive Library on PPE, EC and treatment tech.	15/02/2016
Final versión of the guidance	B6	Multimedia version of the guidance	15/03/2016
Training manuals	B7	Training manuals on the use of PPE and LEV against NMs	15/04/16



## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)





## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



### ■ Avances del Proyecto (M1 - M30)

Hasta las fecha, las principales tareas deasarrrolladas incluyen:

- ❗ Selección de un conjunto de 12 NMs en base a datos de producción anual, propiedades toxicológicas y ecotoxicologicas, formas en la cadena de suministro y aplicaciones actuales y futuras (A1)
- ❗ Descripción de las principales condiciones operativas (PROCs / Ocs ) vinculadas a la producción y/o uso de NMs en el sector de los nanocomposites, especialmente aquellos con un mayor potencial de exposición: identificados 12 escenarios de exposición (GES) y 28 actividades que pueden dar origen a una potencial exposición en el lugar de trabajo (A1-A2)
- ❗ Descripción de los tipos específicos de EPIs, sistemas de ventilación (LEV) y procedimientos administrativos usados habitualmente para prevención y control de la exposición en el lugar de trabajo (A3)





## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



### ❑ Avances del Proyecto (M1 - M30)

#### ! Desarrollo de protocolos de ensayo (A3-B1)

En relación a los medios de protección respiratoria (EPR), se han definido diversos protocolos de ensayo, incluyendo:

- Fuga total hacia el interior (TIL)
- Fuga hacia el interior (IL)
- Penetración de los filtros de partículas



En el caso de los equipos de protección dérmica, considerando ropa y guantes de protección, se han definido protocolos de ensayo para la caracterización de los siguientes parámetros:

- Permeación de NMs en soluciones coloidales
- Penetración de partículas sólidas (difusión)
- Penetración de líquidos (chorro) y líquidos pulverizados
- Penetración de partículas ultrafinas (ropa)



Equipos de protección colectiva: captura / contención

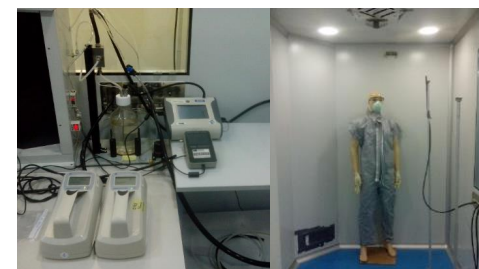


## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



### ■ Avances del Proyecto (M1 - M30)

- ❗ Diseño y desarrollo de la cámara de ensayo de nanoaerosoles en base a los requisitos de ensayo y parámetros de eficacia a determinar para la certificación / validación de EPIs y sistemas LEVs (A4 - B2)
- ❗ Optimización de la instrumentación para la evaluación de la efectividad de EPR, guantes, ropa, y sistemas de ventilación/contención (B3)
- ❗ Validación de protocolos y evaluación experimental mediante ensayos dinámicos y estáticos en condiciones controladas (B3)
- ❗ Diseño y desarrollo de la librería multimedia (RMM Library) de eficacia de medios de protección (B4)



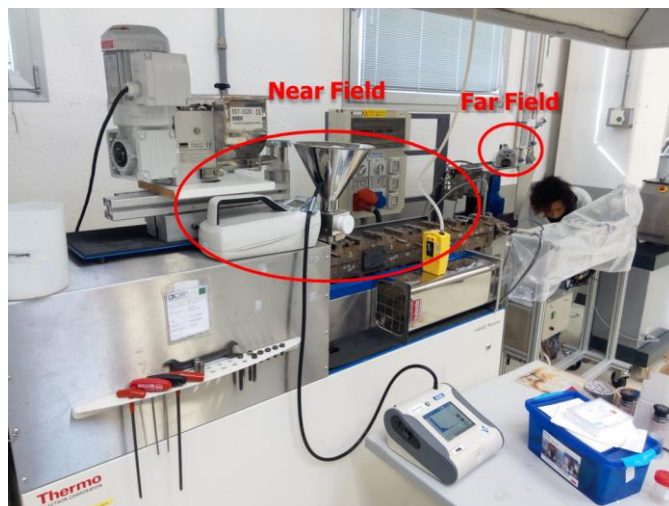




## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



- ! Evaluación de la eficacia de medios de protección y niveles de exposición en procesos industriales: casos de estudio en Avanzare y CRP (B5)







### 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



- ! Diseño y desarrollo de la primera versión de la guía de uso de medios de protección para el control de los riesgos de los NMs (B6)

### Contents

1.Scope and Objectives of the guidance.....	7
2. Introduction: Environmental, health and safety (EH&S) issues in Nanotechnology.....	9
2.1Industrial applications and future development of ENMs and nano-enable products.....	9
2.2Environmental Health and Safety Considerations for Nanotechnology .....	10
3. General specifications for Risk Management Measures .....	15
3.1 Personal protective equipment (PPE) used in occupational settings.....	15
3.1.1.Types and specifications.....	15
3.1.2.Performance requirements .....	15
3.2 Types and specifications of Local Exhaustive Ventilation (LEV) systems used in occupational settings ..	23
3.2.1.Types and specifications.....	23
3.2.2.Performance requirements .....	30
3.3 Types and specifications of existing Emission Control Technologies used in to control release and remove pollutants from industrial emissions.....	32
3.3.1.Types and specifications.....	32
3.3.2.Performance requirements .....	32
4. Obligations, Regulations and key Standards.....	32
4.1Regulatory aspects (INVASSAT).....	32
4.2Standards (INSHT) .....	32
5. Effectiveness of Risk Management Measures against NMs .....	43
5.1. Effectives testing approaches: recommended protocols for PPEs and LEVs following standards .....	43
5.2. Protection factors and performance of PPEs and LEVs against NMs .....	43
6. Selection and use of Risk Management Measures for Nanomaterials.....	44
6.1. Personal Protective Equipment (PPE) .....	44
6.2 Engineering Controls – LEVs (VITO – EF/PB).....	44
7. Best Available Risk Management Measures .....	44
7.1 Engineering Controls-LEV .....	46
8. Health Surveillance and environmental monitoring .....	47
9. Instruction sheets .....	47
10. Frequently asked questions .....	48
11. Annexes.....	48



Parameter	Short description	Relevance to NMs
Breathability	Allowing the wearer to breathe easier is a key parameter to encourage the use of RPE	This is not a <del>non</del> -specific parameter but should be considered especially for disposable mask when high levels of exposure are expected
Tightness of Strap	The fitting of the RPE is highly dependent of the tightness of the strap and the wearer behaviour	Check the tightness of all strap connections before wearing the respirator should me always considered.
Fitting	The fitting factor determines the real level of protection of common tight-fitting RPE.	The total inward leakage derived from a poor fitting of the respirators has been demonstrated to be a major cause of risk when using NMs. A proper design is hence a key research priority.
Sweating	In hot and humid conditions, wearing RPE increases heat stress, sweating and discomfort.	As in the case of bulk chemicals, standard precautions shall be considered to prevent sweat, which can cause discomfort
Ease of Decontamination	Reusable equipment should normally be thoroughly decontaminated and cleaned.	In the case of nanomaterials, special considerations shall be considered to clean the RPE used during operation. Correct Donning and Doffing Procedures are of especial relevance.

A key parameter when selecting a RPE is the **fitting factor**, identified in the table above, ~~an~~ defined as a means of assessing how well a respirator seals to a face. This fitting factor is measured to evaluate the effectiveness of the respirator, and depends mostly the anthropometric parameters of the face of the wearer. Research has shown that fit testing is necessary to assure that respirators are properly worn and provide a preliminary level of expected protection. It is not yet possible, however, to identify of predict with high precision which combination of facial features and respirator design characteristics will assure both initial and long-term fit.

To cope with this situation, PPE manufactures use anthropometrics studies to improve the seal of the RPE to the face. The anthropometric parameters are normally computed and parametrized by commercial computer assisted design (CAD) software. To date, there are software solutions able to compute thousands of data to improve the fitting factor of the RPE.

The use of the finite element method, widely used to model the behaviour of gases is recommended. These models allow researchers to prepare 3D representations of actual heads and half and full facepiece respirator masks. These studies has enabled the simulation of the **total inward leakage** (TIL) under relevant conditions of use and considering the relationships between respirator fit, respirator discomfort, and the geometry of faces (figure 2).

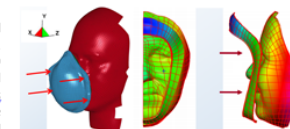


Fig.2. Simulation of the gas flow (Source: NIOSH/NPPTL Public Meeting)

The main purpose of these studies is to enhance respirator fit and sizing procedures by improved knowledge of the relationship between human and respirator features and respirator effectiveness. A similar approach is highly recommended to evaluate the effectiveness of the face seal for nanoparticles.



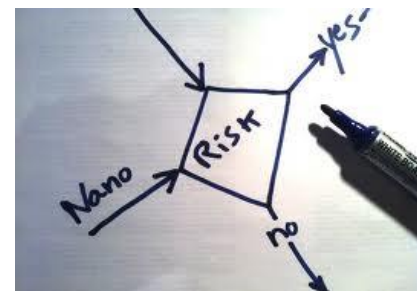
## 2. Acciones desarrolladas en el marco del proyecto



- ❗ Estimación de los niveles de concentración de NMs en matrices ambientales de interés mediante modelización de procesos y determinación de niveles medios de exposición en base a revisiones bibliográficas (C1)
- ❗ Comunicación de los principales resultados del Proyecto a través de la participación en jornadas y la difusión de material gráfico (D)
  - Página web del proyecto: [www.lifenanorisk.eu](http://www.lifenanorisk.eu)
  - Trípticos (EN/ES)
  - Posters / Roll Ups
  - Videos promocionales + webinars
  - Workshops y seminarios: Sevilla / Valencia
  - Presencia en conferencias internacionales
  - Newsletters
  - Participación en redes sociales (twitter, Facebook and LinkedIn)
  - Actividades de networking
  - Publicaciones técnicas / papers



### 3. Resultados alcanzados



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

**NANO**RISK



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

### 3. Resultados alcanzados



- ! Desarrollo de la cámara de ensayo de nanoaerosoles



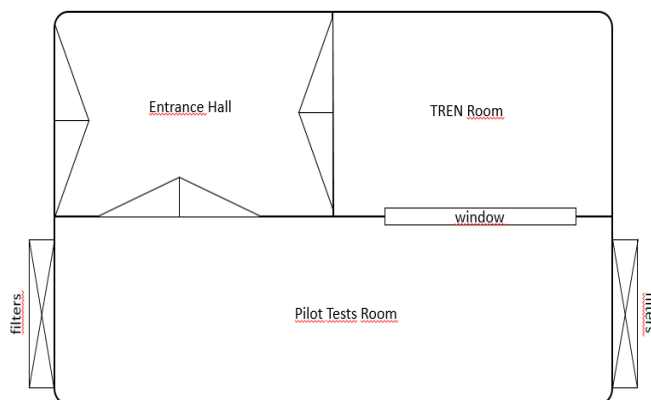


NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



### 3. Resultados alcanzados

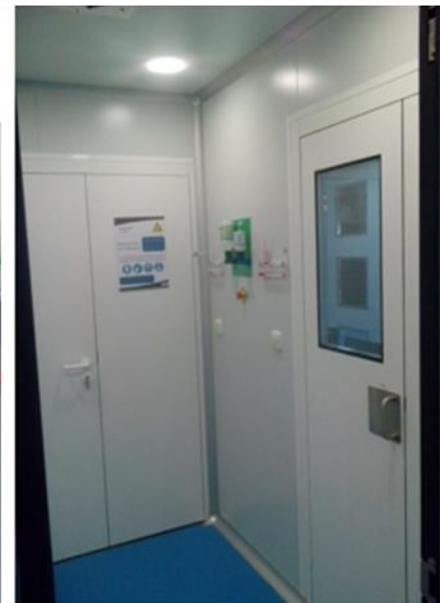
#### ! Desarrollo de la cámara de ensayo de nanoaerosoles



$V = 28,14 \text{ m}^3$



$V = 9,9 \text{ m}^3$





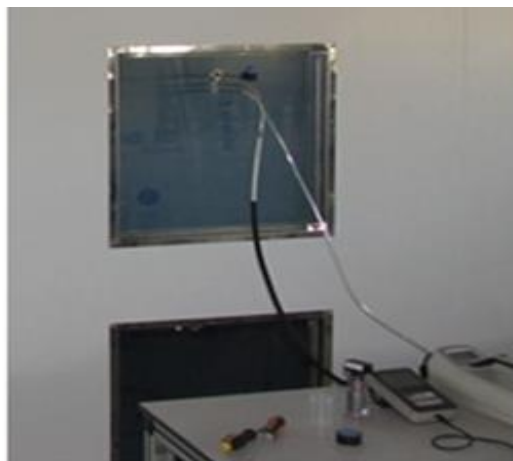
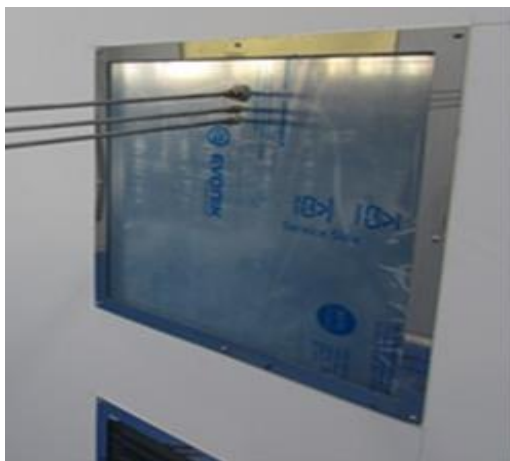


NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

### 3. Resultados alcanzados



#### ! Desarrollo de la cámara de ensayo de nanoaerosoles



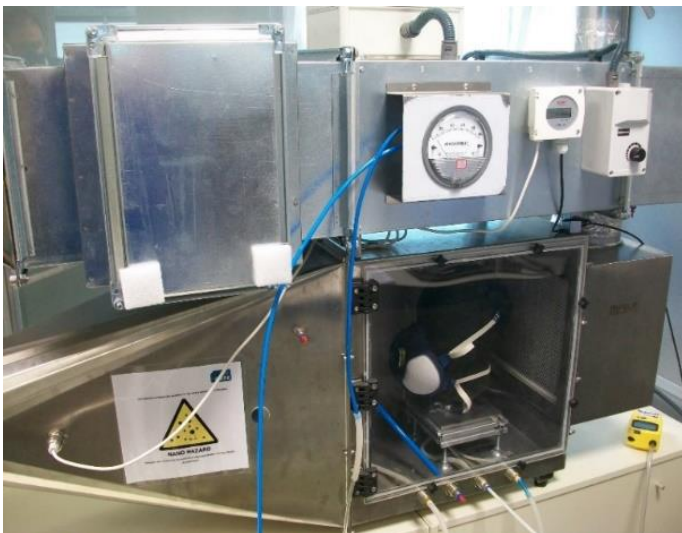


NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

### 3. Resultados alcanzados



#### ! Desarrollo y optimización de equipos de ensayo





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



## 3. Resultados alcanzados

### ! Protocolos estándar de ensayo (SOPs)

Protocolos (SOPs)	Medios de Protección
Determination of inward leakage of NMs	Respiratory protection
Determination of total inward leakage of NMs	Respiratory protection
Determination of particle filter penetration by NMS	Respiratory protection
Determination of inward leakage of aerosols of NMs into suits	Dermal protection: protective clothes
Determination of resistance to penetration by spraying a liquid solution of ENMs	Dermal protection: protective clothes
Determination of permeation to nanoparticles in gloves	Chemical protective gloves
Determination of particle filter penetration in local exhaust ventilation	Engineering controls
Determination of fume hood effectiveness	Engineering controls
Determination effectiveness of RMMs during maintenance op.	Administrative controls
Determination effectiveness of RMMs during cleaning operations	Administrative controls

Clothing protective devices. SOP for determination of inward leakage of aerosols of nanoparticles into suits.	
INDEX	
1. Scope	1
2. Definitions	1
3. Performance factor	2
4. Requirements	2
5. Measuring Equipment	2
6. Pre-requisites	3
7. Operating procedure	3
8. Calculation procedure	5
9. Criterion for the validity of the test	6
10. Test report	6
1. Scope	<p>This method determines the inward leakage (IL, ratio of the concentration of contaminant in the ambient atmosphere to the concentration of the contaminant in the suit) of chemical protective clothing against aerosols of dry, fine dusts and nanoparticles.</p> <p>The protocol is based on the international standard UNE-EN ISO 13982-2 2005 "Protective clothing for use against solid particulates - Part 2: Test method of determination of inward leakage of aerosols of fine particles into suits (ISO 13982-2:2004)". This norm specifies a test method for determining the efficiency of chemical protective clothing as a barrier against aerosols of fine, dry powders.</p> <p>The main variation to the European norm is basically the use of concentrations of nanoparticles (distributions with geometric mean diameters below 100 nm) for the test, which requires different conditions and the use of specific devices to detect and generate them.</p>
2. Definitions	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aerosol:</b> Suspension in a gaseous medium of solid, liquid or solid and liquid particles with a negligible sedimentation rate (generally considered less than 0.25 m/s).</li> <li><b>Water-based aerosol:</b> Aerosols produced from a solution and/or suspension of particulate matter in water such that the only contaminant of the workplace is the solid material.</li> <li><b>Environment atmosphere:</b> The air around a person.</li> <li><b>Inward leakage:</b> Leakage of ambient air into the facepiece from all possible sources excluding equipment filters, when it is measured in</li> </ul>



### 3. Resultados alcanzados

#### ! Eficacia de medios de protección

Los resultados de los ensayos realizados denotan que el control de la exposición por inhalación es clave para la protección de la salud de trabajadores expuestos. Los resultados de eficacia obtenidos muestran valores inferiores al 90 % en algunos de los casos, siendo por ello necesario seleccionar equipos adecuados a la naturaleza de las actividades que se llevan a cabo en el lugar de trabajo.



- El **ajuste de los equipos de protección respiratoria** a la forma de la cara del usuario es el principal aspecto a considerar para la reducción de la exposición por inhalación.
- Las empresas fabricantes han definido nuevas innovaciones para mejorar el sello facial, incluyendo el uso de **material adhesivo** y mejoras en el diseño de tiras de ajuste (straps).
- Se recomienda el uso de **microfibras cargadas electrostáticamente**, permitiendo una respiración más fácil y un mayor nivel de atrapamiento de nanomateriales.





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



### 3. Resultados alcanzados

#### ! Eficacia de medios de protección

Respecto a ensayos con diferentes materiales en guantes (látex y nitrilo en guantes):

- No se detecta penetración de nanomateriales en guantes cuando se encuentran en forma de aerosol seco (con una dispersión líquida, esta eficiencia no está probada)
- Los movimientos de la mano y la sudoración mientras los guantes están colocados podrían aumentar la penetración.
- La presencia simultánea de disolventes debe tenerse en cuenta ya que podrían favorecer la penetración o degradar el guante



R.D. 773/1997 sobre uso y selección de Equipos de Protección Individual







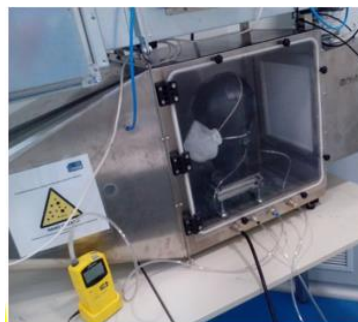
NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



## 3. Resultados alcanzados

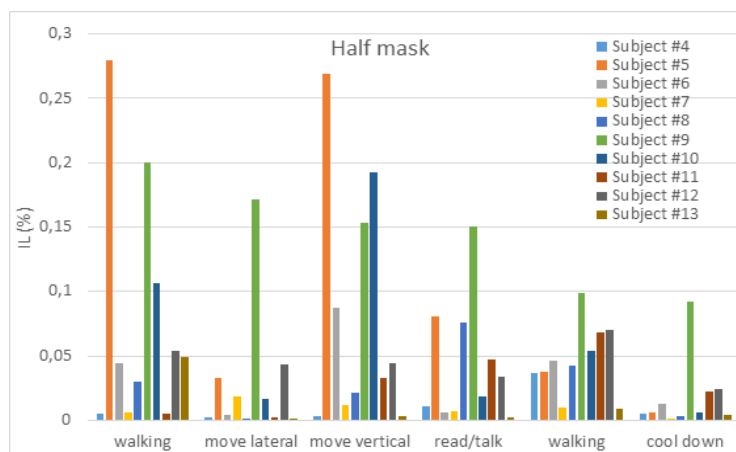
### ! Eficacia de medios de protección: Equipos de Protección Respiratoria

- Eficiencias y Factores de Protección Nominal (NPF) para distintos tipos de máscaras y nanopartículas de  $\text{SiO}_2$

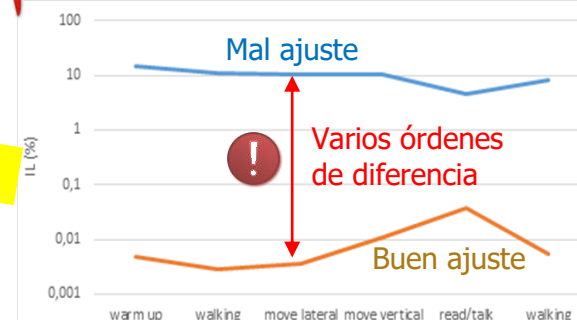


Mask	Filter	Concentration (% in 1000 ml $\text{H}_2\text{O}$ )	T.I.L. (%)	NPF	Class
Half Mask	FFP2	0,05	96,265	26,8	2
Full Mask	FFP2	0,05	99,981	5263,2	3
Half Mask	FFP3	0,05	99,994	16666,7	3
Full Mask	FFP3	0,05	99,551	222,7	2
Half Mask	FFP2	0,1	97,673	43,0	2
Full Mask	FFP2	0,1	98,117	53,1	3
Half Mask	FFP3	0,1	99,995	20000,0	3
Full Mask	FFP3	0,1	99,478	191,6	3

- Fuga hacia el interior de máscaras probadas con sujetos y  $\text{NaCl}$  (35 nm)



**AJUSTE ES CLAVE!**





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

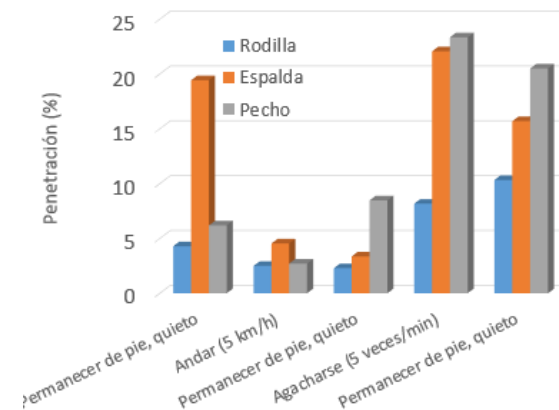
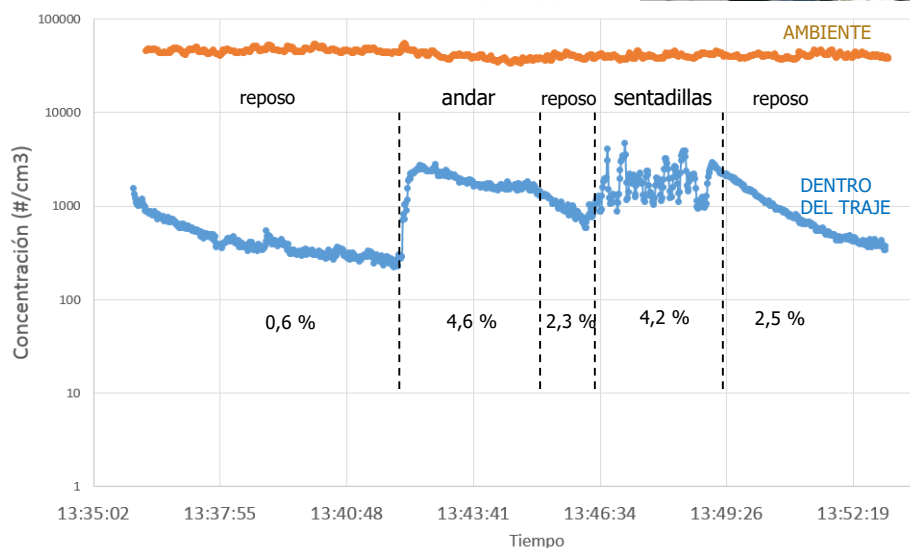


## 3. Resultados alcanzados

### ! Eficacia de medios de protección: Trajes de Protección Dérmica



- Se probó con trajes Tyvek y Tychem y nanopartículas de NaCl de 35 nm.
- Dependiendo de la posición de medida, hay más penetración.









NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



## 3. Resultados alcanzados

### ! Eficacia de sistemas de ventilación

LEVs	Descripción	Eficacias	Imágenes
<b>Local exhaust ventilation (LEV)</b>			
<b>- Receiving hoods</b>			
<b>Campanas de techo (Canopy hoods)</b>	Son las más conocidas. Consiste en una bóveda situada por encima del lugar de trabajo. Este tipo de campana no se utiliza cuando el material es tóxico y el operario debe inclinarse sobre el tanque o proceso generador del contaminantes.	50 %	
<b>- Capturing hoods</b>			
<b>Movable capturing hoods</b>	Sistemas móviles de ventilación como campanas extensibles. El diseño no permite la protección frente a tareas realizadas fuera de la zona de captación de la campana. Eficacia influenciada por el comportamiento del trabajador.	95 %	
<b>Fixed capturing hoods</b>	Sistemas fijos de ventilación como campanas extensibles. El diseño no permite la protección frente a tareas realizadas fuera de la zona de captación de la campana.	99 %	
<b>On-tool extraction</b>	Sistemas LEV integrados en el procesos y/o equipo.	99 %	


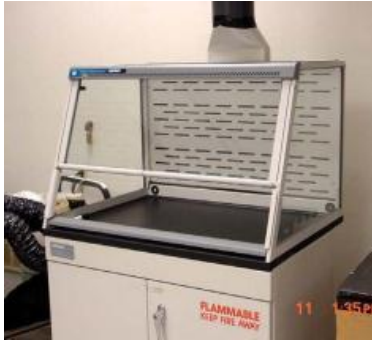


NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



### 3. Resultados alcanzados

#### ! Eficacia de sistemas de ventilación

LEVs	Descripción	Eficacias	Imágenes
Local exhaust ventilation (LEV)			
- Enclosing hoods			
Cabinas aisladas	Forma de aislamiento permanente con un lateral abierto dotado de un Sistema de ventilación local especialmente diseñado (flujo laminar). La influencia del comportamiento del trabajador es mínima, incluyendo sistemas de alarma de fallo de sistema.	> 99 %	
Campanas de Laboratorio (Horizontal/downward laminar flow)	<p>En campanas de flujo horizontal, el aire contaminado se extra a través de orificios situados en la parte trasera del de la campana, creando un flujo laminar horizontal. El aire es filtrado antes de ser descargado al exterior. La cabina contiene la fuente y tiene una apertura frontal limitada.</p> <p>En campanas de flujo descendente, una cortina de aire en régimen de flujo laminar es crado desde el techo de la campana hacia la parte trasera de la misma, donde se ubica el motor de extracción.</p>	99 %	





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



### 3. Resultados alcanzados

#### ! Niveles de exposición

Fuentes de Emisión	Potencial de emission	Tipo de NMs	Niveles de exposición medidos
<b>Primary / SD1</b>			
Liquid-phase reaction	Probable	PGNP	$4.0 \times 10^4$ to $11.0 \times 10^6$
Flame spraying	Probable	PGNP	$4.7 \times 10^3$ to $1.0 \times 10^6$
CVD	No descartable	PGNP	No significativo
Top-down (milling)	No descartable	ENPs / PGNP	
<b>Secondary NP aerosol / SD2</b>			
Weighing of powders	Probable	ENPs	$2.0 \times 10^4$ to $7.0 \times 10^4$
Harvesting	Probable	ENPs	$2.0 \times 10^4$ to $5.0 \times 10^4$
Manual packaging (Bagging)	Probable	ENPs / PGNP	$2.0 \times 10^4$
Bag emptying of powders	Probable	ENPs	Aumento significativo
Melt Blending	Probable	ENPs / PGNP	$> 1.0 \times 10^5$
<b>SD3a / SD3b</b>			
Spraying of liquid	Muy Probable	ENPs	$2.0 \times 10^8$
Spraying (gas)	Muy Probable	ENPs	$1.6 \times 10^5$ to $2.0 \times 10^{10}$
Injection Molding	Muy Probable	ENPs	$> 8.0 \times 10^5$
Brushing and rolling	Muy Probable	ENPs	$> 6.0 \times 10^5$
Sonication of nanodispersions	Muy Probable	ENPs	$> 8.0 \times 10^6$
<b>Tertiary NP aerosol / SD4</b>			
Abrasion of nanoproducts	No descartable	PM / EMNP	$8.0 \times 10^3$ to $2.0 \times 10^4$
Drilling	Probable	PM / EMNP	$4.0 \times 10^4$
Grinding	Probable	PM / EMNP	$3.0 \times 10^3$ to $1.0 \times 10^6$



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

## 3. Resultados alcanzados



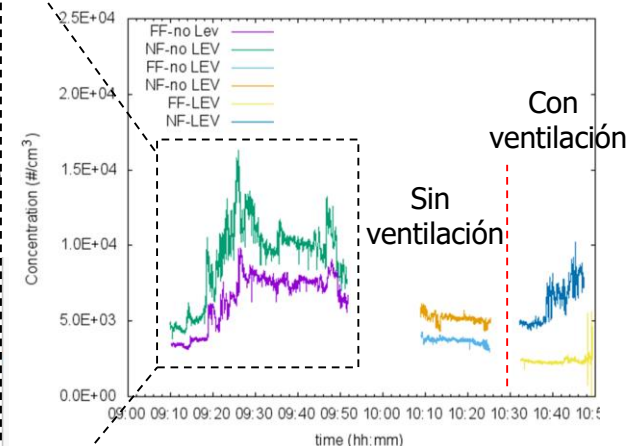
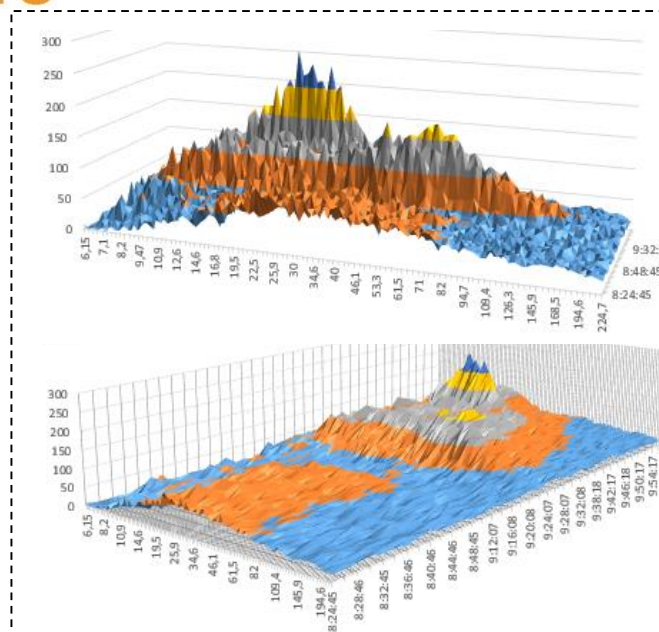
### ! Niveles de exposición



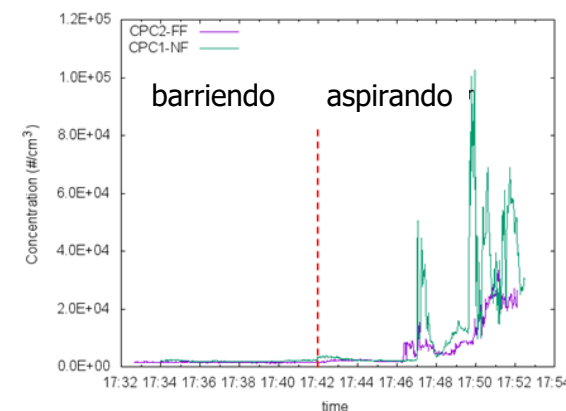
weight & bag , 500 g,  
dens=1,92 g/cm<sup>3</sup>



Pesado y envasado 500 gr Grafeno "pocas capas"  
con y sin ventilación



- Grafeno muy volátil -> alta dispersión
- Ventilación con flujo inadecuado aumenta la difusión !
- Tareas de limpieza con las herramientas adecuadas !



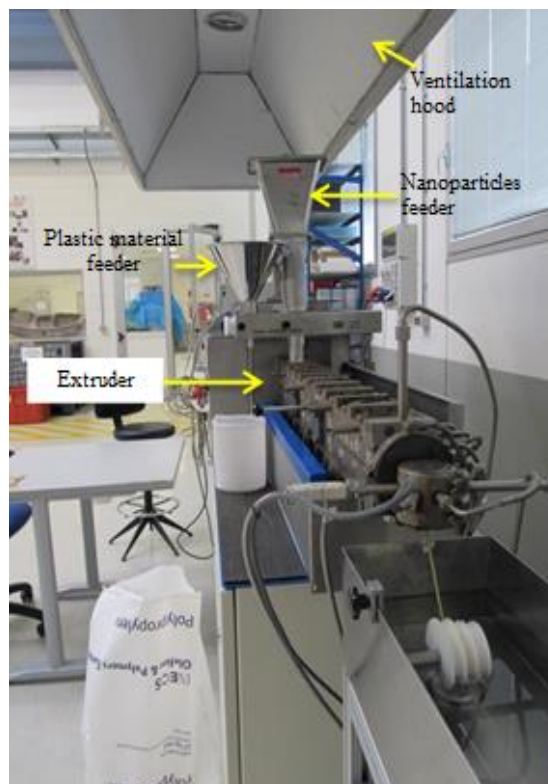


NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



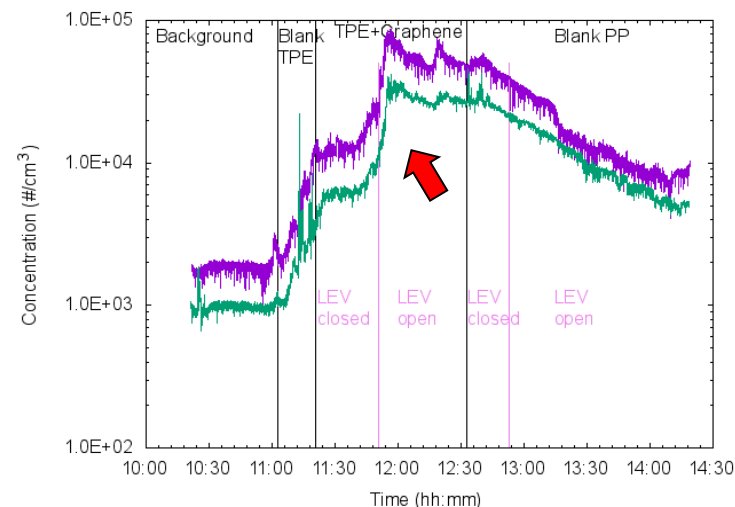
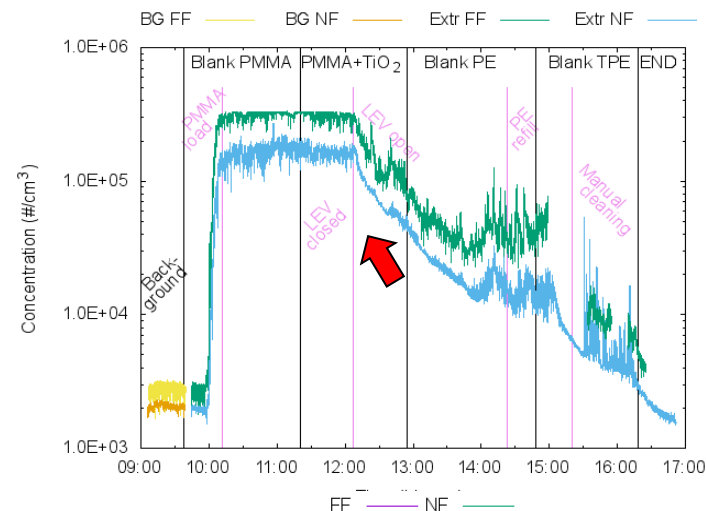
## 3. Resultados alcanzados

### ! Niveles de exposición



Polimetilmetacrilato (PMMA)  
+  
nanopartículas  $\text{TiO}_2$  (2%)

Elastómero termoplástico (TPE)  
+  
Grafeno (pocas capas)



Importancia de controles ingeniería (ventilación) adecuados!!



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

## 3. Resultados alcanzados



### ! Herramientas de gestión



RMM Library Tool

#### PROPERTIES OF THE ENM

##### Chemical composition

- ☐ Metal Oxides
- ☒ Nanocellulose / Nanoclays
- ☐ Carbon-based nanomaterials

##### Shape

- ☒ 1D: Platelet
- ☐ 2D: nanotubes, nanorods, and nanowires
- ☐ 3D: spherical

##### Size Range

- ☐ <10 nm
- ☒ 10 - 50 nm
- ☐ 50 - 150 nm
- ☐ 150 - 300 nm
- ☐ > 300 nm

##### State

- ☒ Liquid dispersion
- ☐ Dry / Powder

#### PROPERTIES OF THE PROCESS

##### Type of process [\(more info at Exposure Scenario sheet\)](#)

Life Cycle Stage	Exposure Scenario	Use	
Nanoparticles Production	ES 1	NP's synthesis	<input type="radio"/>
	ES 2	NP's Functionalization	<input type="radio"/>
Formulation	ES 3	Manufacture of intermediates (blending/mixing)	<input type="radio"/>
	ES 4	Formulation	<input type="radio"/>
Industrial Use. Uses of Additives in Nanocomposite Production	ES 5	As component for production of dispersions, pastes and other viscous matrices	<input type="radio"/>
	ES 6	As component for solid blends and matrices	<input type="radio"/>
Service Life	ES 7	Industrial use of nanocomposites	<input type="radio"/>
	ES 8	Professional use of nanocomposites	<input type="radio"/>
	ES 9	Maintenance/ Cleaning/Sampling	<input checked="" type="radio"/>

##### Scale of the Process

- ☐ Amount used < 1 kg
- ☒ Amount used > 1 kg <= 100 kg
- ☐ Amount used > 100 kg

##### Enclosure of the Process

- ☒ Open
- ☐ Closed

##### Time of exposure

- ☒ Punctual <=15
- ☐ Media >15 min < 1 h
- ☐ Continued >= 1h



Best practices effectiveness, prevention and protection measures for control of risk posed by engineered Nanomaterials





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

### 3. Resultados alcanzados



#### ! Estudios en entornos industriales

	AV	CRP	TS	AL	LATI
<b>Respiratory protection equipment</b>					
Disposable filtering half mask	X	X			
Unpowered Half mask	X	X	X	X	X
Unpowered Full face mask					
<b>Body Protection</b>					
Protective suits (Tyvek type)	X				X
Laboratory coats	X	X	X	X	X
<b>Eye Protection</b>					
Safety goggles (Type D (dust) and C (splash))		X			X
<b>Receiving hoods (LEV Systems)</b>					
Canopy hoods		X			X
<b>Capturing hoods (LEV Systems)</b>					
Fixed Capturing hoods	X		X		
Movable Capturing hoods			X		
<b>Enclosing hoods (LEV Systems)</b>					
Fume cupboard	X		X		
Horizontal / downward laminar flow			X		
<b>Glove box (Low to High)</b>	X	X	X	X	X



## 4. Conclusiones



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)



NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

## 4. Conclusiones





NanoRISK is funded by DG Environment under the LIFE+ Programme Environmental Policy and Governance (LIFE12 ENV/ES/000178)

## ► Agradecimientos



**MANO**RISK



**avanzare**



**vito**  
vision on technology



**GENERALITAT**  
**VALENCIANA**

**INVASSAT**  
Institut Valencià de  
Seguretat i Salut en el Treball





**¡Gracias por su  
atención!**

Carlos Fito López  
[cfito@itene.com](mailto:cfito@itene.com)

