



REDUCCIÓN DE LA EXPOSICIÓN A NANOPARTÍCULAS EN ENTORNOS INDUSTRIALES



INFORMACIÓN SOBRE EL PROYECTO

Referencia: LIFE20 ENV/ES/000187
Duración: 01/01/2022- 30/06/2025
Presupuesto total: 1,506,563 €
Contribución del Programa LIFE: 828,606 €



FINANCIACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto está financiado por el Programa LIFE 2014-2020 de Medio Ambiente y Acción por el Clima de la Unión Europea con referencia LIFE20 ENV/ES/000187

CONSORCIO DE LIFE NANOHEALTH

Entidad coordinadora:

Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)
e-mail: otri@itc.uji.es
www.itc.uji.es
Spain



Entidades participantes:



IDAEA-CSIC
www.idaea.csic.es
Spain



SALONI
www.saloni.com
Spain



TMCOMAS
www.tmcomas.com
Spain



ASP Asepsia
www.aspasepsia.com
Spain



UNIMAT Prevención
www.unimatprevencion.es
Spain



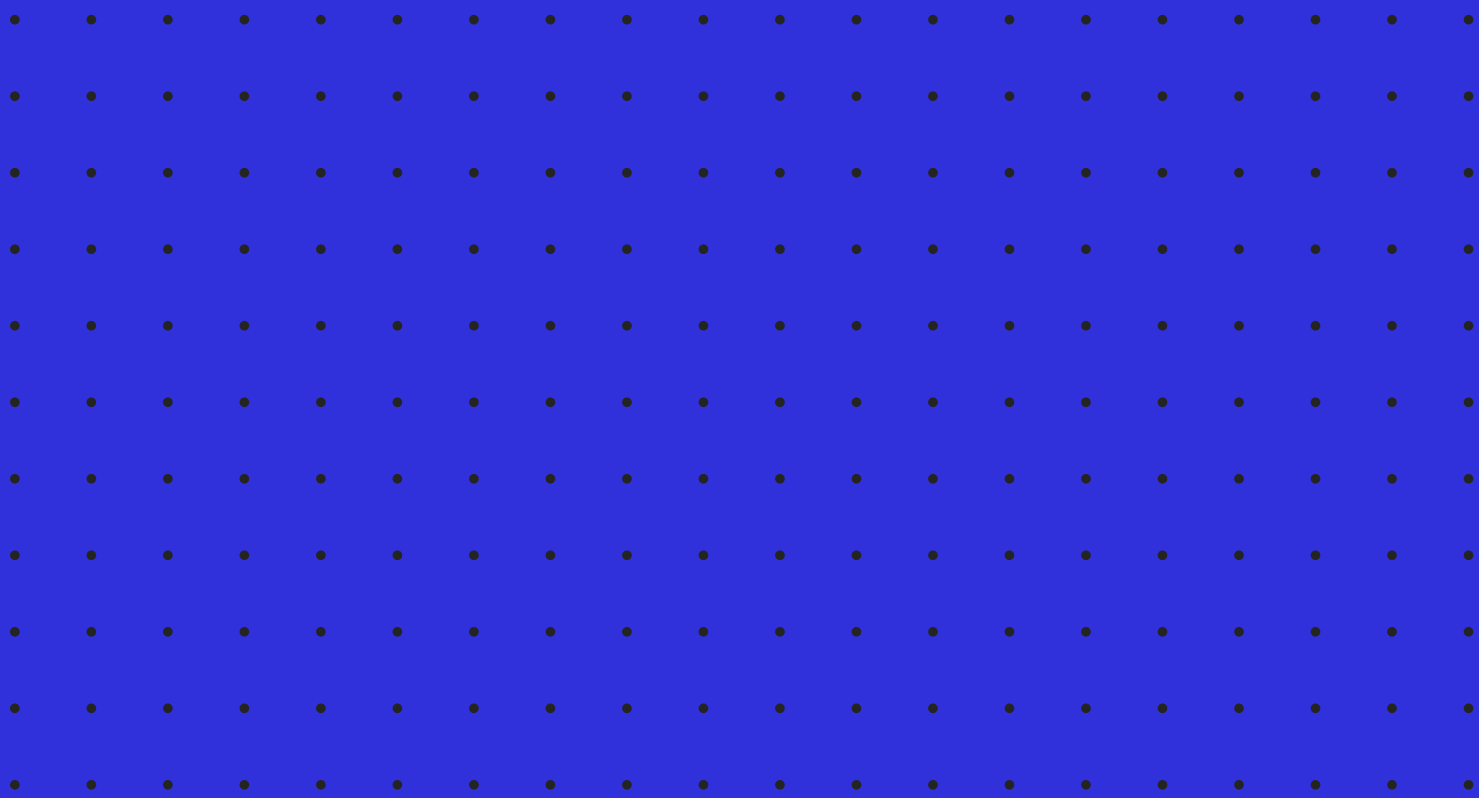
Universitat Politècnica de Catalunya. BarcelonaTech
www.upc.edu
Spain



UAP-Urban Air Purifier
www.urbanairpurifier.com
Spain

Este documento, realizado conjuntamente por los socios del proyecto, refleja únicamente la opinión del autor y la Comisión Europea no es responsable del uso que pueda hacerse de la información que contiene.

1. ¿QUÉ ES EL PROGRAMA LIFE DE LA UNIÓN EUROPEA?	4
2. ¿CUÁL ES EL OBJETIVO PRINCIPAL DE LIFE NANOHEALTH?	4
3. ¿QUÉ HEMOS HECHO EN LIFE NANOHEALTH?	7
4. RESULTADOS PRINCIPALES	10
5. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	21



1. ¿QUÉ ES EL PROGRAMA LIFE DE LA UNIÓN EUROPEA?

El Programa LIFE es un instrumento financiero de la Unión Europea dedicado de forma exclusiva al medio ambiente y a la acción por el clima.

Está gestionado por la Comisión Europea a través de su Agencia Ejecutiva para el Clima, la Infraestructura y el Medio Ambiente (CINEA), siendo la Autoridad Nacional en el Estado español el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de su Oficina Presupuestaria. Esta Unidad actúa como Punto de Contacto Nacional y como representante español en el Comité LIFE.

Este Programa contribuye directamente a las metas y los objetivos del Pacto Verde Europeo. Desde 1992 se han aprobado más de 1.052 proyectos LIFE coordinados por entidades españolas y un total de más de 6.000 proyectos en el conjunto de la Unión Europea y países vecinos. LIFE apoya a entidades grandes y pequeñas, públicas y privadas, establecidas en Europa. En la hoja informativa relativa al Programa LIFE en España se recoge información detallada sobre los proyectos LIFE con participación de entidades españolas, incluidas cifras clave e historias de éxito.

2. ¿CUÁL ES EL OBJETIVO PRINCIPAL DE LIFE NANOHEALTH?

LIFE NANOHEALTH surge con el objetivo fundamental de mejorar la salud laboral de aquellas personas que estén trabajando en entornos industriales y tengan una exposición a nanopartículas incidentales (INP).

Existen procesos industriales altamente energéticos, tanto térmicos como mecánicos, capaces de generar y liberar INP involuntariamente al aire ambiente del lugar de trabajo, pudiendo conducir a exposiciones crónicas y generando riesgos para la salud.

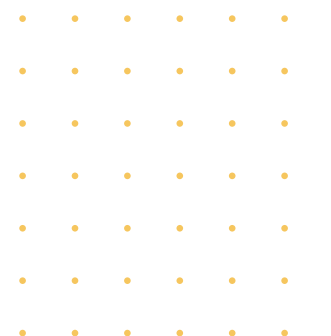
Estas partículas de tamaño nanométrico pueden penetrar por inhalación en los diferentes segmentos de las vías respiratorias.

Algunos de los procesos potencialmente generadores de INP son: quema de combustibles, corte por plasma, soldadura, rectificado de metales, cocción, obtención de recubrimientos por proyección térmica, etc.

Actualmente, existe una falta de legislación específica para el control y minimización de la exposición a INP. Solo se encuentra disponible un conjunto de recomendaciones no vinculantes, denominadas valores de nano-referencia, obtenidos para la manipulación de nanomateriales.

La minimización de la exposición ocupacional a INP se alcanza mediante la implementación de medidas de gestión del riesgo, tanto de controles de ingeniería (principalmente sistemas de extracción y ventilación) como de equipos de protección personal (principalmente protección facial). Sin embargo, existe una carencia de información sobre la eficacia real de estas medidas para partículas nanométricas, principalmente en entornos industriales, donde pueden alcanzarse concentraciones elevadas de INP (hasta 1 000 000 #/cm³).

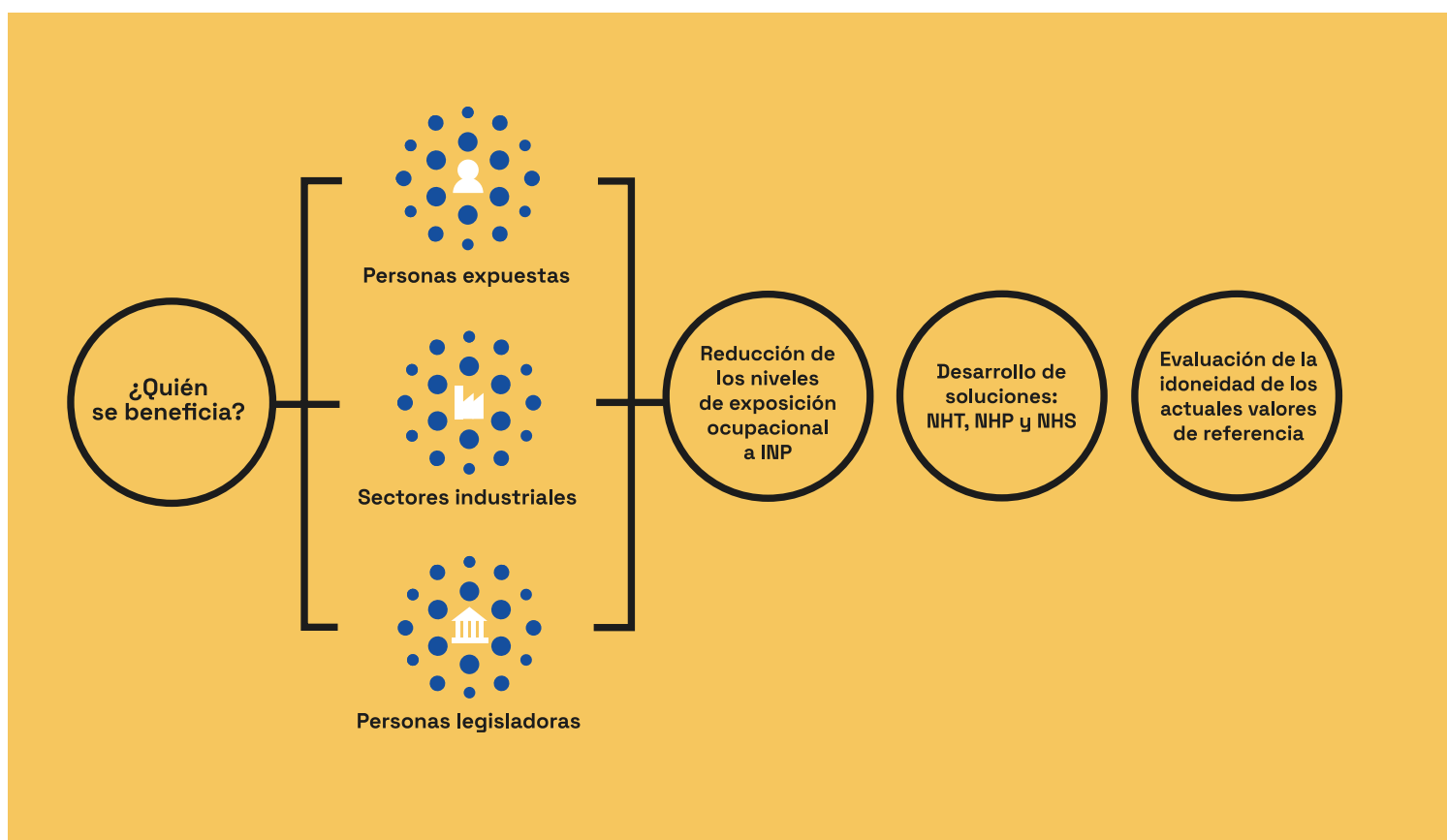
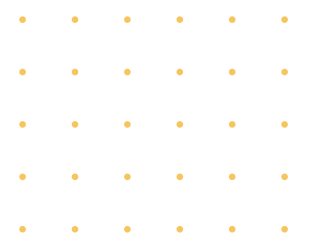
Reducir la exposición a nanopartículas en entornos industriales: un compromiso con la salud laboral



Además, se ha identificado la ausencia de herramientas de evaluación del riesgo para este tipo de nanopartículas. Estas herramientas son de gran ayuda para conocer los niveles de concentración a los que puede estar expuesto una persona trabajadora, en función del proceso industrial desarrollado, y para definir las medidas de mitigación del riesgo necesarias para minimizar la exposición.

Todas estas deficiencias deben abordarse para cumplir con la legislación de la CE sobre seguridad y salud de las personas trabajadoras con respecto a los riesgos potenciales de los nanomateriales en el trabajo (Directiva 89/391 / CEE), así como para proporcionar a los legisladores, autoridades responsables de la evaluación de riesgos, profesionales y personas trabajadoras, herramientas y tecnologías para una solución adecuada que aborde los riesgos de las INP para la salud y el medio ambiente.

Hacemos visible lo invisible para proteger lo esencial: la salud en el trabajo.



En este marco, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Determinación de los niveles de concentración y de la peligrosidad de las INP generadas en los tres procesos industriales seleccionados: proyección térmica, concretamente proyección por plasma atmosférico (APS) y proyección a alta velocidad (HVOF), y cocción de baldosas cerámicas, para evaluar la idoneidad del valor de nano-referencia propuesto ($40\ 000 \text{ \#}/\text{cm}^3$).
2. Desarrollo de un modelo matemático que permita simular con exactitud la dispersión de las INP generadas en un proceso industrial en el interior de la planta, e identificar los puntos críticos en cuanto a concentraciones de INP alcanzadas.
3. Determinación de factores de emisión específicos para los procesos industriales generadores de INP.
4. Determinación de la eficacia de las principales medidas de gestión del riesgo para nanopartículas, con el fin de reflejar la eficacia real en entornos industriales en condiciones reales de operación.
5. Diseño de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones y de fácil manejo para el control de la exposición a INP denominada NANOHEALTH TOOL (NHT).
6. Desarrollo de un purificador de aire para ambientes industriales NANOHEALTH PURIFIER (NHP) basado en la creación de microambientes con concentraciones reducidas de INP.
7. Diseño de un servicio para el control y la minimización de las INP en entornos industriales denominado NANOHEALTH SERVICE (NHS).
8. Difusión y transferencia de las soluciones desarrolladas en el proyecto LIFE NANOHEALTH (NHT, NHP y NHS) promoviendo un entorno laboral más seguro.
9. Fomento de la concienciación social en relación con el problema de calidad del aire interior en entornos industriales causado por la generación y emisión de INP y la nueva situación tras las soluciones propuestas por este proyecto.

3. ¿QUÉ HEMOS HECHO EN LIFE NANOHEALTH?

El proyecto LIFE NANOHEALTH garantiza la mejora de la salud laboral de aquellas personas que estén trabajando en entornos industriales que incorporan procesos altamente energéticos, tanto térmicos como mecánicos, y tengan una exposición a INP, para evitar enfermedades causadas por esta exposición.

El proyecto incluye acciones a nivel industrial para desarrollar, validar y difundir una serie de soluciones técnicas para controlar y minimizar la exposición ocupacional a nanopartículas.

Las acciones desarrolladas se muestran en el siguiente cuadro:

Transformamos el riesgo en conocimiento, y el conocimiento en soluciones eficaces.



A1, B1, B2, B3, B4, B5, B6, C1, C2, D1, E1



B2, B4, B6, D1, E1



A1, B1, B2, B3, B4, B5, D1, E1



B2, B4, B6, D1, E1



B1, B3, B4, D1, E1



A1, B1, B4, D1, E1



B1, B3, B4, B5, B6, D1, E1



A1, B1, B4, D1, E1



La acción preparatoria (A1) ha permitido realizar una actualización exhaustiva de la información relacionada con la legislación medioambiental y de salud de los trabajadores, metodologías de muestreo y caracterización de las emisiones de INP, protocolos de seguridad para la realización de los muestreos, etc. A partir de esta información, se recopilaron los requerimientos técnicos necesarios para facilitar la planificación de las campañas de medición, se seleccionaron los equipos de muestreo y se identificaron los puntos de muestreo en el interior de las plantas industriales: en la fuente de emisión (ES), en el área de trabajo (WA), dónde las personas trabajadoras pasan la mayor parte de la jornada laboral, y en un fondo de la planta (BG).

Las acciones de implementación (B1 a B6) constituyen el núcleo del proyecto. La acción B1 incluye la monitorización de los niveles de concentración de las INP en los puntos de muestreo seleccionados (ES, WA y BG) para los tres procesos industriales estudiados en detalle en el proyecto: APS, HVOF y cocción de baldosas cerámicas. Además, se determinó la peligrosidad de las INP emitidas en los tres procesos mediante la caracterización química, morfológica y toxicológica. También se evaluó la idoneidad del valor de nano-referencia propuesto para las INP en entornos industriales bajo condiciones reales de operación.

La acción B2 ha consistido en el diseño y fabricación de un purificador de aire a escala industrial, denominado NANOHEALTH PURIFIER (NHP), para la minimización de la exposición a INP en las áreas de trabajo de los operarios.

El objetivo de la acción B3 ha sido el desarrollo de una herramienta de evaluación y ayuda a la toma de decisiones, denominada NANOHEALTH TOOL (NHT), la cual permite cuantificar las emisiones de INP generadas en un proceso industrial y su dispersión en el interior de una planta industrial, mediante la obtención de mapas de concentración de nanopartículas. Además, proporciona la posibilidad de determinar el conjunto de medidas de gestión del riesgo que permiten alcanzar una mayor disminución de la exposición.

La acción B4 ha incluido la definición del servicio de control, denominado NANOHEALTH SERVICE (NHS), así como la validación en dos plantas industriales, SALONI y TMComas, de las tres soluciones propuestas en el proyecto. Con este fin se han realizado numerosas campañas de medidas para obtener datos fiables de la eficacia del NHP, la robustez de la NHT y la aplicabilidad del NHS en los entornos industriales evaluados: APS, HVOF y cocción de baldosas cerámicas.

En relación con la acción B5, está ha consistido en la realización de una búsqueda bibliográfica para la elaboración de una base de datos de factores de emisión de INP para diferentes procesos industriales, así como, de eficacias de reducción de las principales medidas de gestión del riesgo, tanto de controles de ingeniería como de medidas de protección personal. Esta base de datos ha alimentado la NHP para poder dar respuesta a un mayor número de procesos industriales y evaluar la reducción de la exposición asociada a diferentes medidas.

Finalmente, la acción B6 ha consistido en el desarrollo de un modelo de negocio para el NHP y otro para el NHS, el cual incluye la NHT. También se ha desarrollado una estrategia de replicación y transferencia hacia otros sectores industriales.

Las acciones de seguimiento (C1 y C2) han permitido medir los indicadores de rendimiento. En el marco de la acción C1 se ha desarrollado una metodología para evaluar el impacto ambiental y socioeconómico de los resultados del proyecto durante el mismo y 5 años después de su finalización. Por otra parte, se ha realizado un Análisis del Ciclo de Vida del NHP, así como una evaluación del diseño de este considerando un enfoque de sostenibilidad y circularidad.

La acción C2 abarcó el seguimiento de los KPI e indicadores del progreso de LIFE, así como la supervisión del impacto socioeconómico del proyecto.

Otras acciones que son esenciales para la aplicación de los resultados del proyecto son las relacionadas con su comunicación y difusión, acción D1. Se ha elaborado un plan de comunicación que engloba todas las actividades encaminadas a transmitir eficazmente los beneficios de las soluciones propuestas a las industrias, personas trabajadoras, servicios de prevención, legisladores, autoridades responsables de la evaluación del riesgo, etc. El principal canal de comunicación a través del cual se ha recogido y transmitido la información es la página web del proyecto: www.lifenanohealth.eu donde se puede acceder a información relacionada tanto en el desarrollo del proyecto, como sus resultados a través de videos, documentos, notas de prensa, etc. El diseño de la página web, la imagen corporativa del proyecto y la campaña de sensibilización son cruciales para la puesta en marcha y consiguen implicar a un número de partes interesadas.

Existe un claro compromiso reflejado en el Plan After Life (acción E2) de que la página web se mantendrá actualizada para mantener informados a los usuarios de todas las actividades e impactos del proyecto y para garantizar la sostenibilidad del proyecto más allá de su finalización.

4. RESULTADOS PRINCIPALES

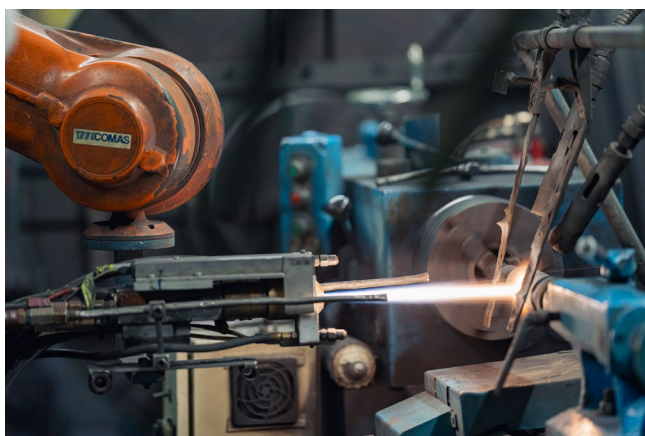
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES DE INP GENERADAS EN TRES PROCESOS INDUSTRIALES SIGNIFICATIVOS

Proyección térmica: HVOF y APS

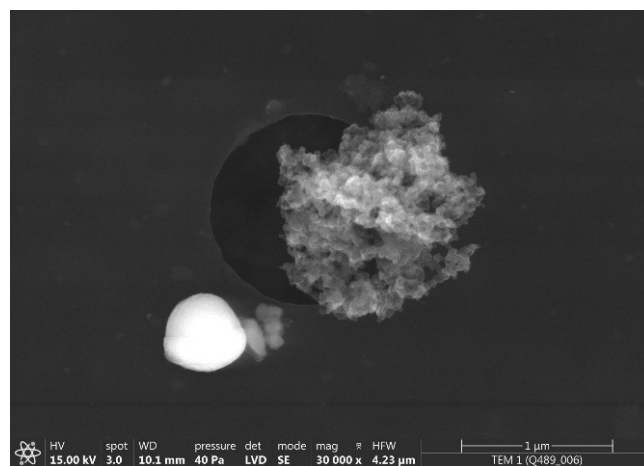
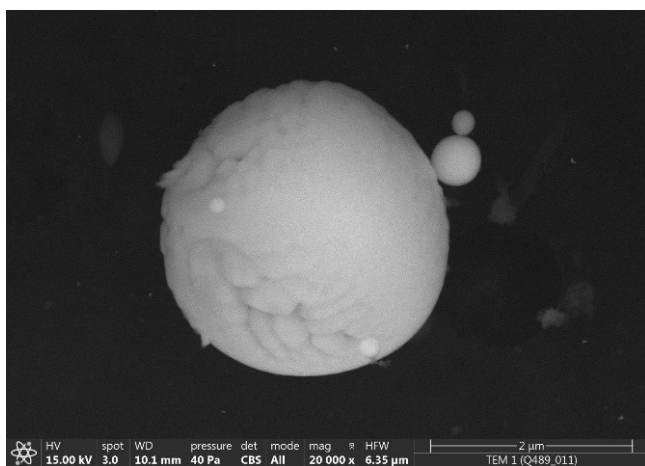
Se constató que las emisiones de INP más significativas se generaban en el interior de las cabinas de proyección térmica, pudiéndose correlacionar la composición química de las partículas con los materiales utilizados durante la pulverización.

Además, se identificó la presencia de partículas asociadas a otras fuentes de emisión, principalmente procesos de soldadura.

Cada partícula que reducimos es un paso hacia entornos industriales más seguros.



La morfología de las partículas era variable en función de las fuentes y procesos de emisión. Se observó una combinación de partículas esféricas y fractales.



En términos de citotoxicidad, se observó que no hay efectos adversos significativos sobre la función celular.

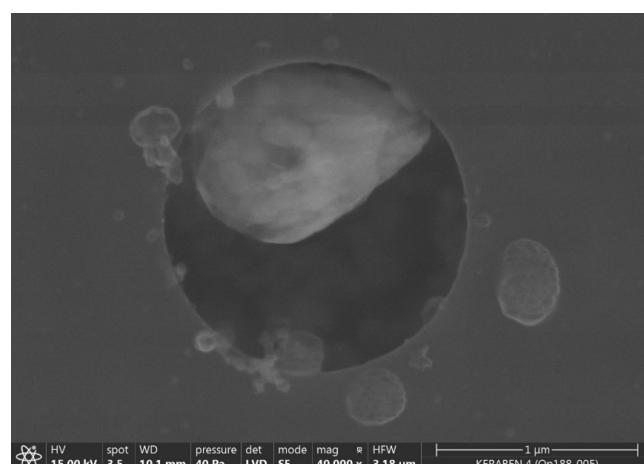
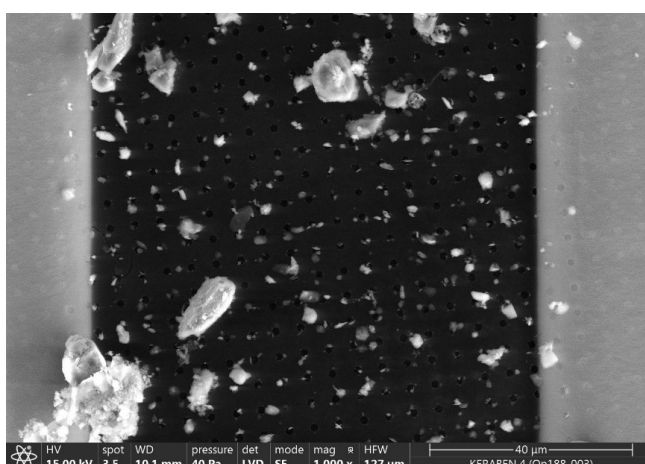


Cocción de baldosas cerámica

El estudio reveló que las emisiones de INP se producían en el interior de los hornos de cocción y estaban estrechamente relacionadas con la temperatura, observándose concentraciones más elevadas en las regiones centrales de los hornos, donde se alcanzan las máximas temperaturas del ciclo de cocción. Además, las concentraciones de INP en la zona de los trabajadores mostraban una variabilidad moderada a lo largo del tiempo, probablemente debido a la estabilidad del proceso de producción. Los factores meteorológicos también se identificaron como influyentes, debido a las aberturas de la planta, con fluctuaciones de concentración observadas en función de la dirección del viento predominante.



Las partículas presentaban una morfología heterogénea, observándose una mezcla de partículas esféricas y fractales. Además, la distribución de elementos en función del tamaño reveló patrones distintos para ciertos marcadores, como el Ti, enriquecido en partículas más gruesas, y el Ni, enriquecido en partículas ultrafinas.



En términos de citotoxicidad, se observó que no hay efectos adversos significativos sobre la función celular.

4.2 DESARROLLO DE UN PURIFICADOR DE AIRE PARA REDUCIR LAS INP EN ENTORNOS INDUSTRIALES



NanoHealth Purifier (NHP)

El concepto inicial del NanoHealth Purifier (NHP) pretendía diseñar y fabricar un purificador capaz de crear microentornos con niveles reducidos de INP, de modo que para entornos industriales con altas concentraciones de INP pudiera alcanzar una eficacia de reducción próxima al 90%.

El diseño final del NHP equilibra con éxito la eficiencia operativa con el bienestar del usuario, presentando un sistema de filtración avanzado capaz de hacer frente a las nanopartículas. Además, el sistema admite dos modos de funcionamiento, que pueden controlarse localmente mediante pulsadores o remotamente a través de una interfaz de control. Estas capacidades posicionan al NHP como una solución versátil para abordar la contaminación por INP en diversos entornos industriales, siendo transportable y adaptable.



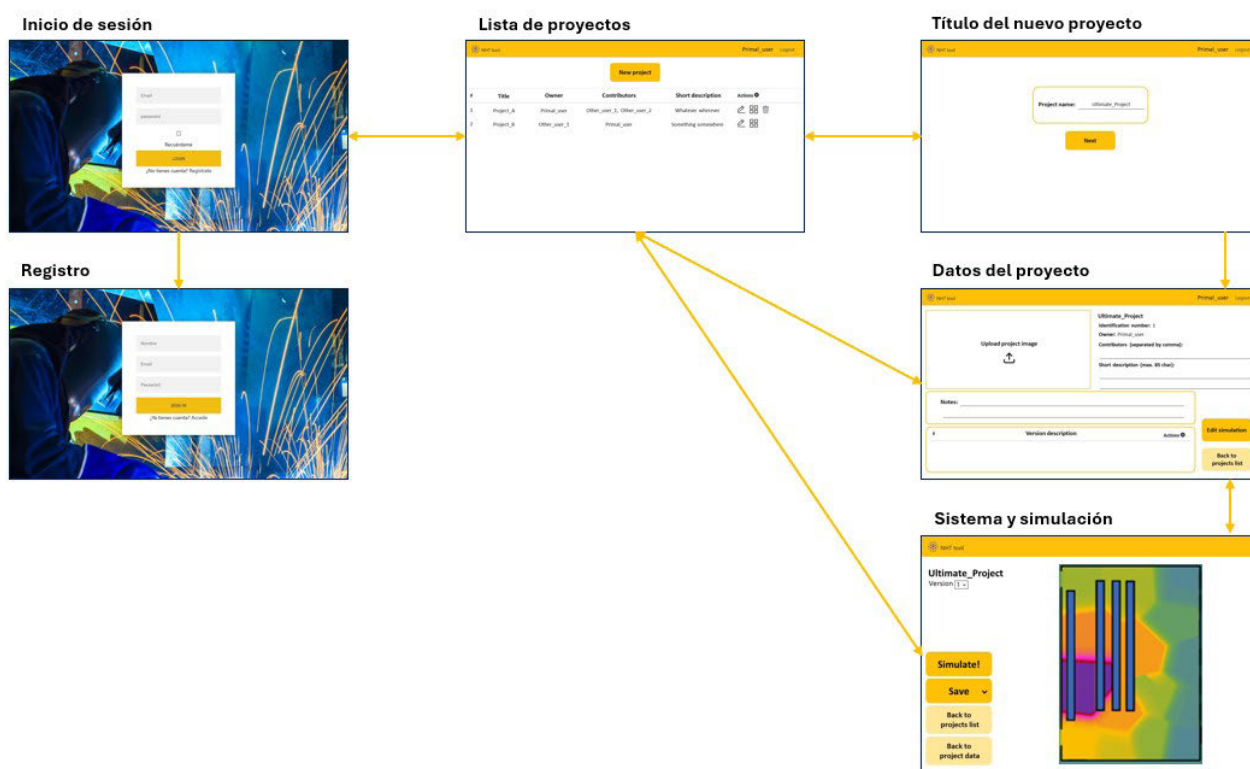
4.3 DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA INP EN ENTORNOS INDUSTRIALES:



NanoHealth Tool (NHT)

La NHT es una innovadora aplicación diseñada para promover un ambiente laboral seguro. Esta herramienta permite obtener de forma sencilla la siguiente información:

- Generación de mapas de concentración de INP en entornos industriales;
- Identificación de puntos críticos de niveles de INP;
- Selección de un conjunto óptimo de medidas de gestión del riesgo para minimizar la exposición ocupacional a INP;
- Cuantificación de la eficacia del conjunto de medidas seleccionadas en condiciones reales de operación.



4.4 DEFINICIÓN DE UN SERVICIO PARA EL CONTROL Y MINIMIZACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A INP:



NanoHealth Service (NHS)

Se ha definido el NHS para las empresas que quieran mejorar la seguridad y la salud de sus trabajadores determinando los riesgos de sus procesos industriales.

El servicio es una guía de control que incluye la herramienta NHT y ofrece las siguientes funciones:

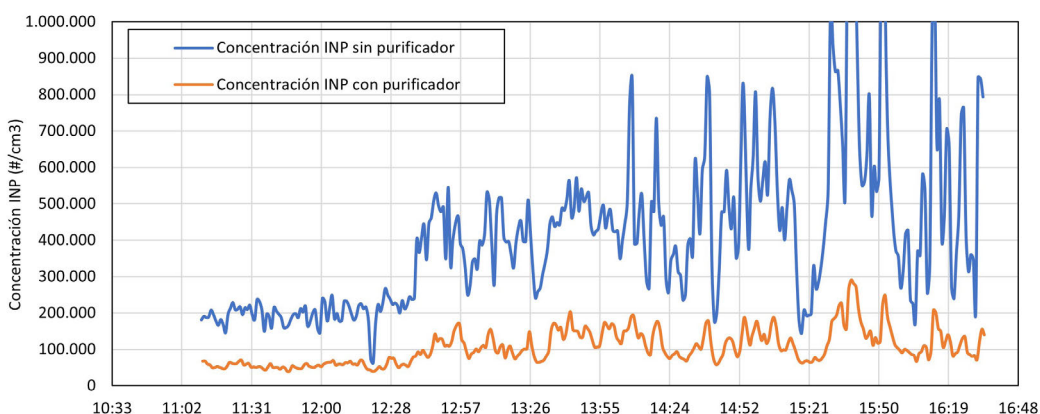
- Evaluar la exposición ocupacional a las INP en entornos industriales, facilitando esta labor a los servicios de prevención.
- Desarrollar planes específicos de minimización del riesgo.
- Evaluar la viabilidad técnica y económica de la implementación de las medidas de gestión del riesgo propuestas en el plan de minimización del riesgo.
- Evaluar experimentalmente la minimización de las emisiones de INP tras la aplicación de las medidas de gestión del riesgo.
- Formación del personal expuesto sobre los riesgos de exposición a INP.

4.5 PRUEBAS EN ESCENARIOS REALES. VALIDACIÓN DE LAS SOLUCIONES NANOHEALTH

La validación de las tres soluciones desarrolladas en el proyecto LIFE NanoHealth se ha realizado en condiciones reales, en dos entornos industriales, uno del sector cerámico y otro de proyección térmica, mediante la ejecución de campañas de medidas experimentales.



El NHP es capaz de reducir la exposición a INP en la zona de los trabajadores en aproximadamente un 90%.



La NHT presenta una exactitud en la simulación de las concentraciones de INP del orden del 80-90% en condiciones habituales de operación de los procesos industriales evaluados.

Los resultados han sido altamente satisfactorios lo que abre la posibilidad de ir implementando este sistema a muchas otras empresas.

4.6 ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN Y COMUNICACIÓN

Durante la ejecución del proyecto, los socios han participado en varias actividades de difusión y comunicación, para compartir los resultados del proyecto. El proyecto se ha comunicado en 34 eventos.



Commit Conf 2022. Barcelona (España). Octubre 2022



Jornada: "NanoImpact Networking: Impacto de las nanopartículas en la salud y el medio ambiente". Castellón (España). Diciembre 2022



Congreso AEIPRO CIPID Donostia. Donostia (España). Agosto 2023

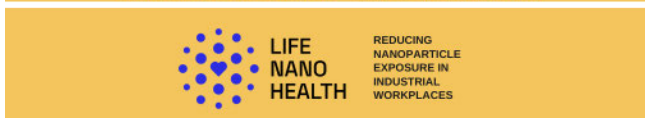


18th Conference on Sustainable development of energy, water and environment systems (SDEWES). Dubrovnik (Croacia). Septiembre 2023





European Aerosol Conference - EAC2023 (Málaga, Spain)



European Aerosol Conference (EAC2023).
Málaga (España). Septiembre 2023



Congrés Qualitat de l'Aire (Sabadell, Barcelona)



4t Congrés de Qualitat de l'Aire. Sabadell (España).
Octubre 2023



4th EU Clean Air Forum. Rotterdam (Holanda).
Noviembre 2023



Feria Internacional de Maquinaria Agrícola (FIMA).
Zaragoza (España). Febrero 2024



XIX Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo del Pavimento cerámico (QUALICER 2024).
Castellón (España). Febrero 2024



8th Iberian Meeting on Aerosol Science and Technology (RICTA). A Coruña (España). Junio 2024



Jornada Nanoday 2024. Barcelona (España). Octubre 2024



Taller Sentiotech "Evaluación de riesgos para la exposición a nanopartículas en entornos industriales". Madrid (España). Octubre 2024



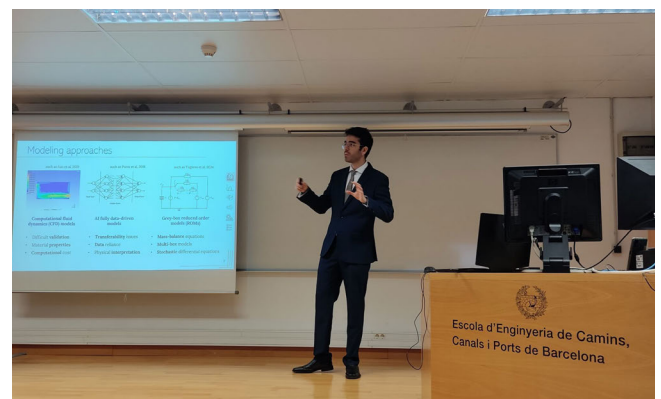
VI Congreso Ágora Bienestar. Madrid (España). Diciembre 2024



III Simposio de Higiene Industrial. Santander (España). Octubre 2024



Congreso TechCongress 4.0. Madrid (España). Diciembre 2024



Presentación de la tesis doctoral "Nanoparticle modeling in industrial settings". Barcelona (España). Febrero 2025

4.7 CONSEJO ASESOR

Las entidades implicadas en el consejo asesor son principalmente organismos públicos que han mostrado su interés en el proyecto, apoyando la implantación de las soluciones desarrolladas. El compromiso temprano con estos organismos es esencial para intercambiar necesidades e interés desde el punto de vista de la administración, centros de investigación e industria. Considerando esta orientación, el consejo asesor está formado por las siguientes entidades:

Eu
NanoSafety
Cluster



NATIONAL RESEARCH CENTRE
FOR THE WORKING ENVIRONMENT



INVASSAT
Institut Valencià de
Seguretat i Salut en el Treball

Generalitat de Catalunya
**Agència de Salut Pública
de Catalunya**



4.8 NETWORKING

Durante el proyecto se han llevado a cabo diferentes acciones de networking con proyectos de presentan sinergias con LIFE NanoHealth:



4.9 PLAN DE REPLICABILIDAD Y TRANSFERENCIA

Dentro del plan de replicabilidad y transferencia, se han realizado visitas a empresas de diferentes sectores industriales que incorporan procesos altamente energéticos, generadores de INP.

Concretamente, para la transferencia de los resultados del proyecto LIFE NANOHEALTH se han seleccionado las siguientes empresas:

- Una empresa del sector del metal dedicada a la fabricación de moldes y punzones, en la cual se han estudiado los procesos de vulcanizado de punzones y el rectificado de piezas metálicas.
- Una empresa dedicada a la fabricación de equipos y repuestos para el sector de automoción en donde se han estudiado los procesos de fabricación de fundición del metal y de mecanizado de piezas metálicas.

En los nuevos procesos industriales seleccionados se han validado las soluciones desarrolladas, NHT, NHP y NHS para la minimización de la exposición a INP.

5. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

LIFE NANOHEALTH se alinea con los objetivos marcados por la Comisión Europea, así como con los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por las Naciones Unidas (ODS). En concreto, LIFE NANOHEALTH, está alineado con:

ODS3 – SALUD Y BIENESTAR

El proyecto LIFE NANOHEALTH contribuye directamente a la mejora de la salud y el bienestar de los trabajadores y de la población en general, mediante la identificación y control de la exposición a partículas generadas en procesos industriales de alta energía. A través de campañas experimentales y la implementación de medidas correctoras propuestas por la herramienta NHT, se minimiza el impacto de INP en la calidad del aire, reduciendo así los riesgos para la salud respiratoria y cardiovascular. De esta manera, el proyecto promueve entornos laborales y urbanos más saludables, alineándose con las metas del ODS 3 orientadas a reducir las enfermedades y muertes prematuras causadas por la contaminación ambiental y la exposición a productos químicos peligrosos.



ODS9 – INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

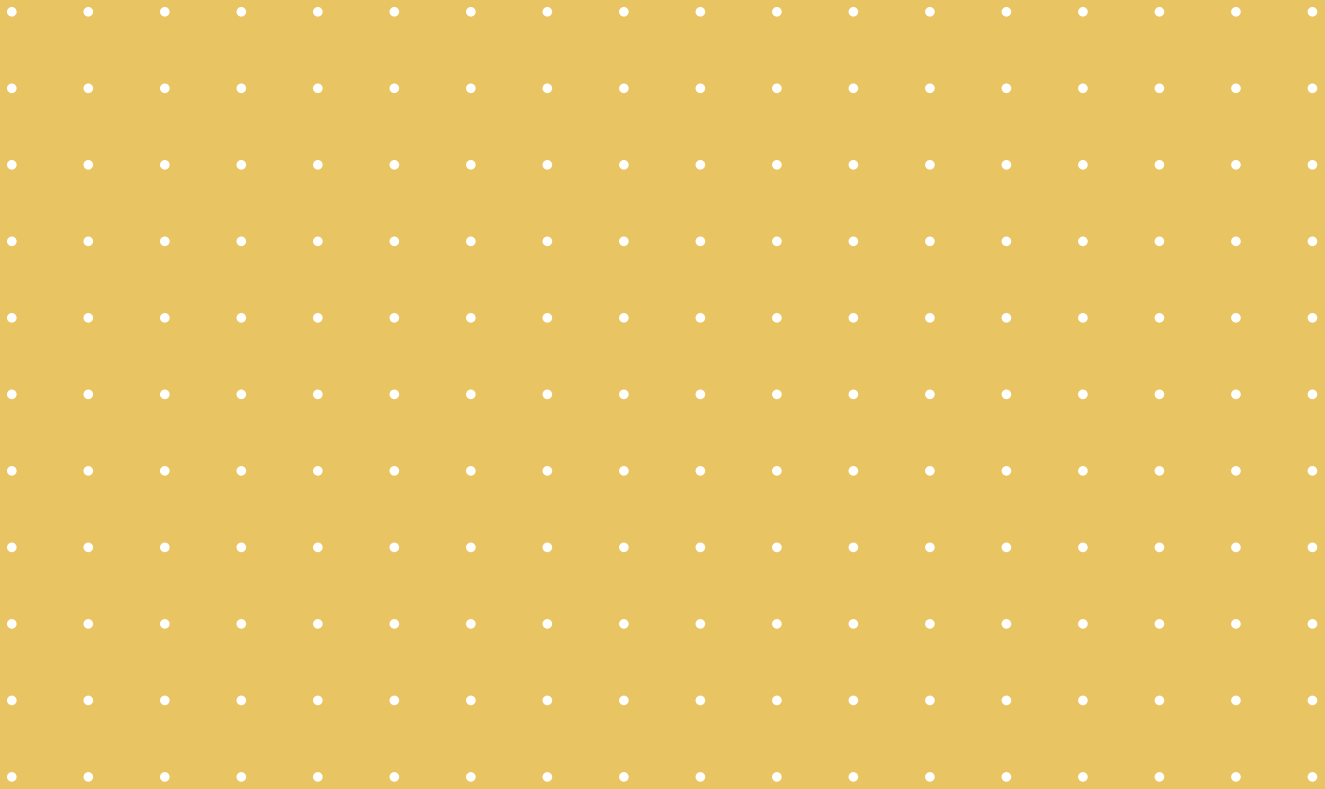
El proyecto pretende modernizar las infraestructuras de las empresas con procesos de alta energía y convertirlas en industrias más sostenibles mediante el análisis en campo mediante la determinación de los niveles de INP y la propuesta de medidas de control mediante el uso de la herramienta NHT. Por tanto, el proyecto fomenta la mejora continua en los procesos industriales de alta energía promoviendo un uso de los recursos de una forma más eficiente y promover la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y respetuosos con el medio ambiente, todos los países podrán actuar en función de sus respectivas capacidades



ODS17 – ALIANZAS PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS

En este proyecto nos hemos asociado centros de investigación, universidades, administración laboral, asociaciones empresariales y a empresas industriales cerámicas, de maquinaria y del sector de la automoción, talleres mecánicos y empresas especializadas en procesos de purificación de aire de España con el objeto de fomentar medidas de control a INP que ayudara a reducir y ajustar las demandas energéticas. De esta forma, establecemos alianzas y ayudamos a respetar el planeta a través de un modelo de simbiosis industrial y economía circular y de eficiencia energética.





lifefanohealth.eu



LinkedIn:
Life NanoHealth 