

SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA MINIMIZAR LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A NANOPARTÍCULAS INCIDENTALES

V. San Félix⁽¹⁾, E. Monfort⁽¹⁾, M. Viana⁽²⁾, M. Macarulla⁽³⁾, A. Mayor⁽⁴⁾, E. Domingo⁽⁵⁾, S. Font⁽⁶⁾

(1) Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Universitat Jaume I. Castelló. España.

(2) IDAEA-CSIC, Barcelona, España.

(3) Departamento de Ingeniería de Proyectos y de la Construcción. UPC. Terrassa. España.

(4) Unimat Prevención. Castelló. España.

(5) Keraben. Nules. España.

(6) TmCOMAS. Blanes. España.

RESUMEN

La exposición a nanomateriales en puestos de trabajo industriales es un desafío ampliamente extendido debido a la diversidad de fuentes de nanopartículas (NP), que incluyen nanomateriales manufacturados (MNM) y nanopartículas incidentales (INP) (SER 2012). Mientras los MNM se diseñan intencionalmente y se producen con fines específicos, las INP se generan involuntariamente y son emitidas al ambiente del puesto de trabajo durante las actividades industriales. Las INP se pueden generar durante diversos procesos altamente energéticos tales como motores de combustión, corte por plasma, soldadura, pulido de metales, ablación láser, fundición de hierro, cocción, etc. (van Broekhuizen, 2012). Estos procesos industriales se pueden definir como liberadores permanentes de INP (hasta varios millones de NP/cm³) que pueden conducir a exposiciones continuas si no se identifican estas fuentes y sus medidas de control se omiten o no se diseñan adecuadamente.

Actualmente, la evaluación de la exposición a INP se enfrenta a varios obstáculos debido a la carencia de legislación específica. Sólo se dispone de un conjunto de recomendaciones no vinculantes denominadas valores de referencia nano (NRV) (van Broekhuizen, 2017).

Con respecto a las herramientas de evaluación, la metodología más prometedora para evaluar la exposición en instalaciones industriales es el desarrollo de modelos basados en balance de masas. Este tipo de herramienta requiere una buena caracterización de las emisiones y de la eficacia de las medidas correctoras, bajo condiciones reales de operación. Además, la gran diversidad de procesos e instalaciones industriales que generan INP requiere el desarrollo de controles ingenieriles fácilmente adaptables a las necesidades de cada planta industrial y fáciles de monitorizar.

Todas estas deficiencias deben abordarse para cumplir la legislación de la CE sobre salud y seguridad de los trabajadores (Directiva 89/391/CEE) referente a los riesgos potenciales de las nanopartículas en el trabajo, así como para proveer a las autoridades, a los técnicos que toman decisiones sobre evaluación de riesgos y a los trabajadores, de herramientas y tecnologías que permitan hallar una solución adecuada para abordar los riesgos para la salud y el medio ambiente de los nanomateriales. Esta es la razón del desarrollo del proyecto NanoHealth, en el que se propone una serie de soluciones tecnológicas tales como:

HERRAMIENTA NANOHEALTH (NHT). Identificar focos de emisión de INP en instalaciones industriales y simular la dispersión de INP en el aire ambiente interior de la planta, para seleccionar las medidas de gestión de riesgo (RMM) más apropiadas y cuantificar las reducciones efectivas de exposición ocupacional alcanzadas.

PURIFICADOR DEL AIRE NANOHEALTH (NHP): Desarrollar un prototipo altamente efectivo capaz de eliminar INP y lo suficientemente versátil como para implementarlo fácilmente en diferentes ambientes industriales

SERVICIO NANOHEALTH (NHS): Diseñar un servicio para el control y minimización de INP en instalaciones industriales, que incluirá guías y recomendaciones para los departamentos de seguridad y salud y para los equipos de ingeniería.

El proyecto está en desarrollo todavía e incluye el estudio de diferentes escenarios industriales en los que tiene lugar el procesado a alta temperatura de materiales cerámicos, aunque en este póster sólo se presentan los resultados obtenidos hasta la fecha en el estudio de la cocción de baldosas cerámicas.

1. HERRAMIENTA NANOHEALTH (NHT)

Se ha desarrollado un modelo basado en un balance de masas de orden reducido y se ha evaluado mediante diferentes pruebas, a partir de información obtenida durante campañas realizadas en plantas industriales bajo condiciones reales de operación. Las nanopartículas se caracterizaron en términos de concentración de número de partículas (N) y distribución granulométrica (NanoScan SMPS (TSI Modelo 3910) y DISCmini AG (TESTO)).

A partir de este modelo, se ha programado una biblioteca Modelica para simular concentraciones de INP y evaluar la implementación de medidas de gestión de riesgo para la calidad de aire interior en puestos de trabajo industriales. Esta biblioteca traduce la ecuación del modelo a un sistema que puede mostrar los resultados de concentración en número ($\#/cm^3$ o $\#/m^3$), leyendo datos de ficheros externos o usando señales de bloques estándar Modelica para simular procesos continuos o discontinuos de generación y transporte de partículas.

La representación del diagrama de Taylor confirmó que el modelo puede describir efectivamente la concentración de INP en sistemas con ventilación forzada.

2. PURIFICADOR DEL AIRE NANOHEALTH (NHP)

La caracterización detallada de emisiones de INP generadas en los procesos industriales mencionados antes, nos permitió diseñar un prototipo de purificador del aire para minimizar la exposición laboral a INP y evaluar la idoneidad de los actuales NRV. Se evaluaron las emisiones de INP cerca de las fuentes de emisión y se evaluaron sus impactos sobre las áreas de los trabajadores (Ostraat et al. (2015)).

Los datos experimentales demostraron que las INP se generaban en las fuentes de emisión, pero alcanzaban el área de los trabajadores debido a la existencia de fugas en los hornos cerámicos, siendo las concentraciones de INP superiores a los NRV propuestos ($4 \cdot 10^4$ #/cm³).

Estos resultados confirmaron la necesidad de verificar la eficacia del purificador del aire NanoHealth en el proceso de cocción de baldosas cerámicas, para minimizar las concentraciones de INP. Con este objetivo, se está diseñando un prototipo con un caudal nominal de 12.000 m³/h para alcanzar un número elevado de renovaciones de aire por hora (ACH) en el área de trabajo e incorpora un juego de cuatro etapas para retener desde partículas gruesas hasta nanopartículas.

3. AGRADECIMIENTOS

Este estudio se está llevando a cabo en el marco del proyecto LIFE NANOHEALTH, financiado por el Programa LIFE de la Unión Europea bajo el número de proyecto LIFE20 ENV/ES/000187.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ostraat, M., Engel, S., Swain, K.A., Kuhlbusch, T.A.J., Asbach, C. (2015). Harmonised Tiered Approach to Measure and Assess the Potential Exposure to Airborne Emissions of Engineered Nano-Objects and their Agglomerates and Aggregates at Workplaces *Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials No. 55 - ENV/JM/MONO(2015)19*. Paris (France): OECD Environment, Health and Safety Publications.
- [2] SER 2012, Provisional nano reference values for engineered nanomaterials, Advisory Report 12/01, Sociaal Economische Raad, Den Haag.
- [3] Van Broekhuizen, P., Van Veelen, W. I. M., Streekstra, W. H., Schulte, P., & Reijnders, L. 2012. Exposure limits for nanoparticles: report of an international workshop on nano reference values. *Annals of occupational hygiene* 56 (5), 515-524.
- [4] Van Broekhuizen, P., 2017. Applicability of provisional NRVs to PGNPs and FCNPs. BUREAU KLB.DOI:10.13140/RG2.2.18241.25445.