

---

# Propuesta de medidas de control para el riesgo de inhalación de polvo de madera en una carpintería

## *Proposal of control measures for the risk of wood dust inhalation in a carpentry*

Chilla Mario<sup>1</sup> Villacis William<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Formación Básica, Quito – Ecuador

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Ciencias Nucleares, Quito – Ecuador

### Resumen

La Escuela Politécnica Nacional (EPN) cuenta con una carpintería que desarrolla y arregla parte del mobiliario para las oficinas y aulas de la universidad. El presente trabajo permitió identificar los factores del riesgo relacionado con la inhalación del polvo de madera en el taller de la carpintería, este análisis y la toma de mediciones puntuales, permitió identificar las áreas que generan mayor cantidad de contaminante, así como deficiencias en la ventilación y ciertos procedimientos. Posterior a la identificación se realizó la evaluación del riesgo, para ello fue necesario realizar mediciones con un muestreador personal, el cual permitió determinar la exposición diaria. Con la exposición diaria, se realizó la comparación con los límites permisibles para el contaminante en estudio y se concluyó con la “no conformidad” y un nivel de riesgo inaceptable. Por último, se propuso medidas de control para disminuir el nivel del riesgo. En el medio se propuso la implementación de un sistema de extracción localizado, el cual fue diseñado y simulado según las condiciones del taller y el contaminante. En el receptor, se recomendó el uso de equipos de protección personal para las vías respiratorias y oculares. Como medidas administrativas, la implementación de señalética y la mejora del procedimiento de limpieza de la carpintería. La norma UNE-EN 689:2019+AC 2019 permitió establecer los lineamientos principales para el desarrollo del estudio.

**Palabras clave:** polvo de madera, extracción localizada, inhalación de polvo, simulación, material particulado.

Recibido: 8 de septiembre de 2022 – revisión aceptada: 30 de noviembre del 2022

Correspondiente al autor: [mario.chilla@epn.edu.ec](mailto:mario.chilla@epn.edu.ec)

## Abstract

The Escuela Politécnica Nacional (EPN or National Polytechnic School) has a carpentry workshop that makes and arranges part of the furniture for the offices and classrooms of the university. This research allowed administrators to identify the risk factors related to the inhalation of wood dust in the carpentry workshop; this analysis and the taking of specific measurements permit them to identify the areas that generate the most significant amount of pollutants, as well as deficiencies in ventilation and specific procedures. After the identification, the risk assessment was carried out, for which it was necessary to carry out measurements with a personal sampler, which allowed for determining the daily exposure. The comparison was made with the permissible limits for the pollutant under study, and it was concluded with "non-compliance" and an unacceptable risk level with daily exposure. Finally, control measures were proposed to reduce the level of risk. In the middle, the implementation of a localized extraction system was proposed, which was designed and simulated according to the conditions of the workshop and the contaminant. In the receiver, the use of personal protective equipment for the respiratory tract and eyes was recommended. As administrative measures, the implementation of signage and the improvement of the carpentry cleaning procedure. The UNE-EN 689:2019+AC 2019 standard allowed for establishing the main guidelines for the development of the study.

**Key words:** wood dust, localized extraction, dust inhalation, simulation, particulate matter.

---

## Introducción

El material particulado es aquel que está compuesto por sólidos o líquidos en forma de partículas, el cual es emitido por una fuente fija hacia la atmósfera (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). Cuando las partículas sólidas son generadas de forma mecánica se las conoce como polvo, generalmente con un tamaño entre 1 y 100 micras (Prado, 2008).

Las partículas del material particulado se las puede dividir en fracciones. La fracción inhalable, la torácica y la respirable. La fracción inhalable es aquella que ingresa por la nariz y la boca, la torácica las que ingresan más allá de

la laringe y las respirables penetran en las vías respiratorias no ciliadas (Centro Tecnológico del Mármol y la Piedra, 2010).

La exposición inadecuada al polvo de madera puede generar riesgos para el sistema respiratorio, ya que el polvo puede provocar enfermedades como la rinitis, sinusitis, asma, bronquitis, alergias e incluso cáncer sinonasal (OIT, 2012).

La mayor parte de las operaciones realizadas en la carpintería hacen uso de la madera, por lo cual se genera polvo de madera en gran cantidad. Este contaminante es material particulado, que por las condiciones en las cuales es operado en la maquinaria, se

esparce de forma rápida en el interior del taller contaminando todo el sitio de trabajo. La inhalación de este material particulado puede provocar enfermedades en el sistema respiratorio, además de malestar en el entorno de trabajo. En la actualidad existe un sistema de extracción localizado que no se encuentra en funcionamiento, ya que no cumple con su objetivo de forma correcta.

La identificación de los factores del riesgo de inhalación de polvo de madera, permitió determinar las características más importantes del lugar de trabajo, tales como las fuentes de generación del contaminante, condiciones actuales del sistema de extracción, procedimientos, organización, entre otros (Asociación Española de Normalización, 2019).

Para comparar la concentración generada en el taller con los valores límites permisibles para el contaminante, es necesario realizar mediciones de la exposición diaria con un equipo de muestreo personal. Esto permitirá concluir con la “conformidad” o “no conformidad” con el valor límite permisible. En el caso de la no conformidad, la ventilación por extracción localizada es una de las medidas más adecuadas, ya que capta el contaminante de forma directa y evita su propagación en el ambiente de trabajo. La simulación del sistema de extracción diseñado es importante para la verificación del correcto diseño (Pérez, 2008).

La implementación de medidas de control permitirá disminuir el nivel de riesgo generado y con ello mejorar las condiciones de trabajo en la carpintería.

## Metodología

### **Análisis de los factores del riesgo de inhalación de polvo de madera.**

La identificación de los agentes y la revisión de los factores de exposición del lugar de trabajo, fueron realizadas con ayuda de la caracterización básica sugerida por la norma UNE-EN 689:2019+AC. En este apartado se analizó parámetros como: materia prima, propiedades del material particulado, organización del trabajo, procesos, fuentes de emisión, medidas de seguridad, además se realizó la estimación a priori del riesgo (Asociación Española de Normalización, 2019).

Las condiciones del lugar de trabajo respecto a la ventilación y climatización del sitio de trabajo, fueron analizadas con una encuesta sugerida por la INSHT (INSHT, 2000a).

### **Determinación cuantitativa del nivel de riesgo de inhalación de polvo de madera**

La norma UNE-EN 689:2019+AC establece lineamientos a tomarse en cuenta respecto a la medición de la exposición a agentes químicos o materiales particulados, así como, la comparación de la exposición de los trabajadores con los valores límites de exposición ambiental (VLA).

Los parámetros analizados en este apartado fueron:

- Estrategia de muestreo: se analizó la constitución de los grupos de exposición similar (GES). En este apartado se consideró un número determinado de trabajadores a los cuales se realizaron las

mediciones, los cuales representaron al grupo de trabajadores.

- Especificación del procedimiento de medición: se estableció para la medición: el método, el número de mediciones, el tiempo, el equipo y el procedimiento. Posterior a la especificación, se ejecutó el procedimiento de mediciones.
- Validación de resultados y GES: para los resultados se analizó la existencia de valores erróneos y su causa. En el caso de la validación de los GES se examinó la distribución de los resultados.
- Comparación con los valores límites ambientales: se realizó la prueba preliminar y la estadística, con la finalidad de determinar la conformidad o no conformidad con el VLA (Asociación Española de Normalización, 2019).

La prueba estadística para una distribución logarítmica normal establece la comparación entre dos variables. Una variable tabulada para cierta cantidad de datos y una variable que está en función de la media geométrica de las exposiciones diarias, desviación estándar geométrica y el VLA-ED. Esta comparación permite la decisión de “conformidad” o no “conformidad”.

La media geométrica se encuentra con la Ecuación (1):

$$MG = e^{\frac{\sum_{i=1}^n \ln(x_i)}{n}} \quad (1)$$

MG: media geométrica de exposiciones diarias (mg/m<sup>3</sup>).

x<sub>i</sub>: concentración de exposición diaria (mg/m<sup>3</sup>).

n: número total de mediciones

La desviación estándar geométrica se encuentra con la Ecuación (2):

$$DSG = e^{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \ln(MG))^2}{n-1}}} \quad (2)$$

Donde:

DSG: desviación estándar geométrica (mg/m<sup>3</sup>).

x<sub>i</sub>: concentración de exposición diaria (mg/m<sup>3</sup>).

MG: media geométrica de exposiciones diarias (mg/m<sup>3</sup>).

n: número total de mediciones

La variable UR que será comparada con el valor tabulado UT se lo puede encontrar mediante la Ecuación (3):

$$U_R = \frac{\ln(VLA) - \ln(MG)}{\ln(DSG)} \quad (3)$$

Donde:

U<sub>R</sub>: variable de comparación

VLA: valor límite de exposición ambiental (mg/m<sup>3</sup>).

MG: media geométrica de exposiciones diarias (mg/m<sup>3</sup>).

DSG: desviación estándar geométrica (mg/m<sup>3</sup>).

Para la conclusión acerca de la conformidad, se compara las variables UR y UT. Cuando el valor de UR < UT se concluye que existe

“no conformidad” (Asociación Española de Normalización, 2019).

El índice de exposición por su parte se calcula mediante la relación entre el valor de la exposición diaria y el valor límite como muestra la Ecuación (4):

$$I = \frac{ED}{VLA} \quad (4)$$

Donde:

I: índice de exposición diaria

VLA: valor límite de exposición ambiental (mg/m<sup>3</sup>).

ED: exposición diaria (mg/m<sup>3</sup>).

Con el índice de exposición diaria para pocas mediciones se puede establecer los siguientes criterios:

Para una jornada, donde se obtuvo la exposición diaria:

- Si  $0,1 \leq I$ , entonces el riesgo es aceptable.
- Si  $I > 1$ , entonces el riesgo es inaceptable.
- Si  $0,1 < I < 1$ , entonces se debe tomar dos mediciones más y realizar la siguiente comparación:
  - Si los tres índices son menores o iguales que 0,25 el riesgo es aceptable.
  - Si uno de los tres índices es mayor que 1, el riesgo es inaceptable.
  - Si los tres índices son mayores que 0,25 pero menores o igual a 1, se debe calcular la media geométrica de los tres índices.

- Si la media geométrica es menor o igual que 0,5 el riesgo es aceptable.

- Si la media geométrica es mayor que 0,5 el riesgo es incierto, por lo tanto, se debe tomar una medición más de exposición diaria y volver a repetir el procedimiento de comparación (INSHT, 2000b).

### **Medidas de control de riesgo de inhalación de polvo de madera**

La medida de control en el medio más adecuada es la implementación de un sistema de ventilación por extracción localizada, ya que permite la captación del contaminante cerca de la fuente mediante una campana de extracción, para que sea transportado, filtrado y expulsado (Cortés, 2012).

El diseño de un sistema de extracción comienza con las campanas de extracción, selección de velocidad mínima en los conductos, selección del conducto y al final el esquema de red de conductos con sus respectivas longitudes y accesorios. El método utilizado para el diseño es el de la presión dinámica. Este método calcula la pérdida de carga del sistema de extracción, comprueba el equilibrio en puntos críticos del sistema y permite la selección del depurador y ventilador. (Goberna, 1992).

La simulación del diseño del sistema de extracción localizada fue realizada con ayuda del software “Solidworks”, el cual permite el uso directo de diseño asistido por computadora (CAD) como fuente de información geométrica, además permite realizar cálculos multifásicos (Sobachkin, et al., 2014).

Para el uso de equipo de protección individual se consideran las vías respiratorias y oculares, que son las más expuestas al polvo de madera. Mientras que, como medidas administrativas, se propone el uso de señalética, así como, la mejora del procedimiento de la limpieza.

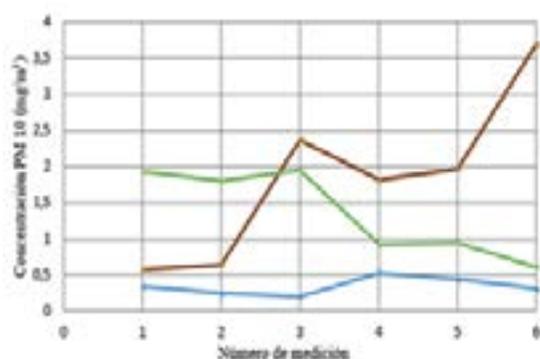
## Resultados

Factores del riesgo de inhalación de polvo de madera

La caracterización básica sugerida por la norma UNE-EN 689:AC+2019 permitió encontrar factores de riesgo para la inhalación de polvo de madera como:

- **Focos de emisión del contaminante:** se encontró tres máquinas que son utilizadas con mayor frecuencia en la carpintería y que además producen una cantidad considerable de polvo de madera. Estas máquinas son: canteadora, sierra circular y lijadora. Se realizaron mediciones con un equipo puntual “3M serie EVM”, donde se presentaron valores elevados en las actividades desarrolladas en la sierra circular y la lijadora.

**Figura 1.** Muestra las concentraciones obtenidas.



**Fuente:** Mediciones de material particulado en las tres fuentes principales de contaminación

- **No aislamiento del agente:** en todas las operaciones el agente no se encuentra aislado, el polvo de madera es expulsado de las máquinas hacia el ambiente de trabajo del taller de la carpintería.
- **Sistema de extracción localizada inadecuado:** el sistema de extracción localizado tiene un caudal inadecuado para la succión del contaminante, además las campanas de succión fueron retiradas debido a las dificultades que estas prestan en las operaciones realizadas en la carpintería.
- **Procedimiento inadecuado:** se verificó que la limpieza realizada en el taller de la carpintería genera una mayor cantidad de polvo de madera, entre las causas se determinó que no se cuenta con los elementos adecuados para realizar esta actividad.

Por su parte la encuesta sugerida por la INSHT manifestó que la situación del lugar de trabajo es “deficiente” respecto a la ventilación y climatización del lugar de trabajo.

La norma UNE-EN 689:AC+2019 también permitió tener una estimación del nivel del riesgo. Para esto se consideraron mediciones de la concentración de polvo de madera realizadas en otras carpinterías, así como, mediciones realizadas con el equipo puntual. La información encontrada en otras carpinterías, permitió concluir que en áreas como las de lijado y corte son las que producen mayor cantidad de contaminante (Pazmiño, 2015).

Las mediciones puntuales obtenidas permitieron determinar que en la carpintería

de la EPN también se produce una mayor cantidad de contaminante en las áreas de corte y lijado. Con respecto a la concentración del polvo de madera y la exposición diaria, no se dispone de información, por lo cual no se puede realizar comparaciones con el valor límite establecido para el contaminante, razón por la cual se planificó mediciones para la comparación con el VLA.

Determinación cuantitativa del nivel de riesgo de inhalación de polvo de madera

Para analizar el nivel de riesgo, se estableció que el grupo GES está formado por el carpintero y el ayudante, ya que los dos realizan las mismas actividades en los procesos de la carpintería.

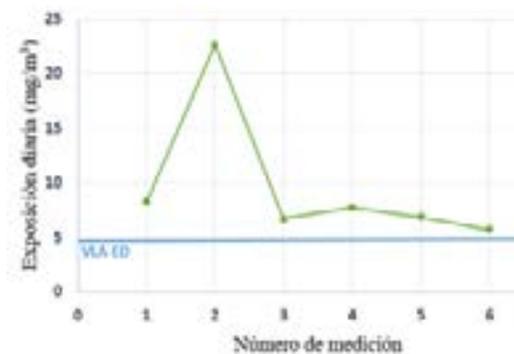
Las mediciones fueron realizadas mediante el método gravimétrico. Para esto se utilizó un equipo de muestreo personal, el cual estaba compuesto por:

- Bomba de aspiración Gilian BDXII.
- Muestreador cassette cerrado PVC 37 mm de poliestireno.
- Manguera de conexión.
- Elemento de retención filtro PVC.

Para la evaluación del riesgo, la norma UNE-EN 689:AC+2019 sugiere entre tres y cinco mediciones para una prueba preliminar. Sin embargo, un mínimo de seis mediciones es lo recomendado para realizar una prueba estadística que permitirá tener una decisión definitiva respecto a la conformidad o no conformidad.

Los resultados de las mediciones realizadas se

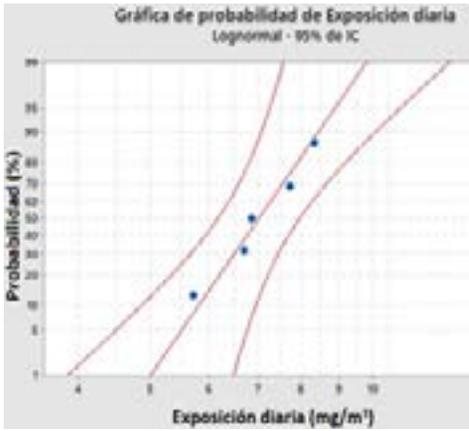
encuentran en la Figura 2.



**Figura 2.** Mediciones de la exposición diaria en el taller de la carpintería

La Figura 2 muestra que todas las mediciones realizadas superan el valor límite ambiental para la exposición diaria (VLA-ED) del contaminante en estudio (polvo de madera), el cual tiene un valor de 5 mg/m<sup>3</sup> (INSST, 2019). La segunda medición realizada tiene una diferencia notable respecto al resto de mediciones, esta medición fue tomada el día de la limpieza en la carpintería, y alcanzó una alta concentración de contaminante por el procedimiento inadecuado que se realiza en esta actividad.

La validación de los resultados y GES se realizó mediante un diagrama de probabilidad logarítmica como muestra la Figura 3. La norma establece que, si la mayor cantidad de datos de la exposición diaria se acoplan a una recta, se consideran datos que siguen una distribución logarítmica normal y estos representan a un mismo GES.



**Figura 3.** Diagrama de probabilidad logarítmica de la exposición diaria en la carpintería

Se consideraron dos pruebas para la comparación de los resultados de las concentraciones de polvo de madera con el VLA-ED. Estas pruebas son: prueba preliminar y estadística.

La prueba preliminar permitió determinar que existe “no conformidad”, ya que al menos una de las concentraciones de exposición diaria supera el VLA-ED para el polvo de madera como se indica la Figura 2.

La Tabla 1 detalla los valores obtenidos en la prueba estadística que sugiere la norma.

**Tabla 1.** Resultados de variables de la prueba estadística

Variable	Valor
Media geométrica (mg/m <sup>3</sup> )	8,34
Desviación estándar geométrica (mg/m <sup>3</sup> )	1,64
Variable de comparación (U <sub>R</sub> )	-1,08
Valor tabulado (U <sub>T</sub> )	2,18

Como se puede observar en la Tabla 1, se cumple la condición:  $U_R < U_T$ , por lo tanto, se concluye que existe “no conformidad” con el valor límite de exposición diaria para el polvo de madera VLA-ED (Asociación Española de Normalización, 2019).

Para el valor de la exposición diaria se consideró la media geométrica indicada en la Tabla 1, con el fin de tomar un solo valor referencial de todas las mediciones. El resultado del índice de exposición diaria es de 1,66, por lo tanto, al ser mayor que 1 se determina que el riesgo es inaceptable (INSHT, 2000b).

Medidas de control con un programa de actuación en el medio.

Se diseñó un sistema de extracción localizado para la captación del polvo de madera, el tipo de campana de extracción seleccionado es la de tipo abertura plana, gracias a la versatilidad que su diseño presenta para las diferentes operaciones realizadas en la carpintería. La velocidad mínima para el diseño del ducto es de 22, 80 m/s para el material de madera según la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (ACGIH, 2010).

Tanto los conductos como los accesorios fueron diseñados y seleccionados en función de la geometría del sitio de trabajo y las condiciones de caudal a extraer. En este punto también se seleccionó un ciclón como depurador, para la separación de las partículas más pesadas. Por último, la selección de un ventilador de extracción de acuerdo a la presión estática del ventilador calculada, la cual tiene un valor de 5095,22 Pa y el caudal a extraerse que tiene un valor de 4,66 m<sup>3</sup>/s.

En la Figura 4, se detalla el diseño del sistema de extracción.



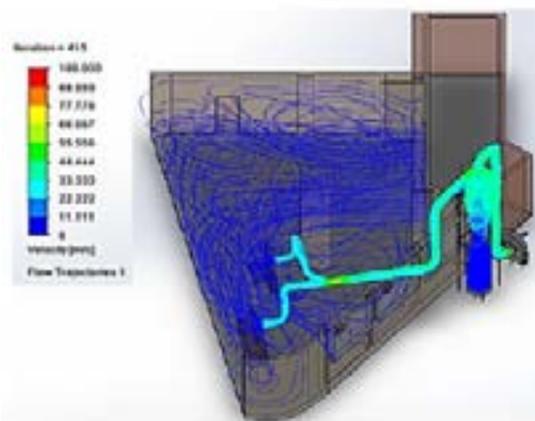
**Figura 4.** Vista frontal del sistema de extracción diseñado para el taller de la carpintería

En el diseño se puede observar que las campanas de extracción fueron diseñadas únicamente en la sierra y en la mesa de lijado. Esto se justifica, por el hecho de que en estos dos sitios de trabajo las concentraciones medidas fueron las más altas como se indica en la Figura 1, además de que su uso es más frecuente respecto a la canteadora.

Con el objetivo de verificar que se cumplan ciertos parámetros importantes para la extracción de las partículas de polvo de madera, se realizó una simulación del sistema de extracción diseñado, en la cual se evidencia que la velocidad con la que el flujo viaja a través de los ductos es la mínima establecida para este tipo de contaminante (22,80 m/s).

Para la simulación es necesario el ingreso de condiciones de frontera, las cuales fueron: presión ambiental y presión absoluta en el ventilador de extracción.

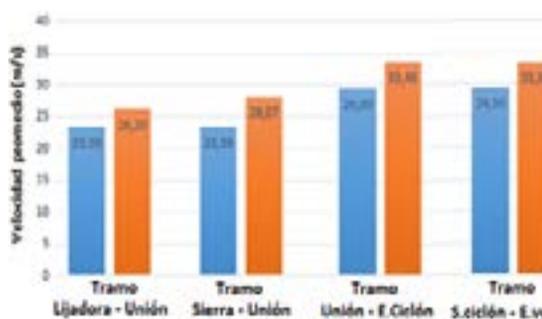
La Figura 5 muestra el perfil de velocidades de las líneas de flujo.



**Figura 5.** Perfil de velocidades de líneas de flujo

En el perfil de velocidades se observa que las velocidades con las que el contaminante viaja en el interior de los ductos, son mayores al valor mínimo establecido en el diseño (22,80 m/s). En la unión donde convergen los ductos de las campanas se observa un aumento de velocidad, esto se debe al incremento de caudal que se da en ese punto. Sin embargo, con el fin de reducir la velocidad y no tener turbulencias y ruido, se aumentó el diámetro de la tubería de 350mm a 450mm.

En la Figura 6 se detalla la comparación de la velocidad promedio calculada y simulada en cada tramo de análisis.



**Figura 6.** Comparación de las velocidades promedio de los valores calculados y teóricos

Como se observa en la Figura 6, los valores obtenidos de manera teórica y simulada son muy similares, además, se encuentran sobre el valor mínimo establecido (22,80 m/s). Esto permitió verificar el correcto diseño del sistema de extracción.

### **Medidas de control en el receptor.**

Para el receptor se sugiere el uso de equipo de protección individual para las vías respiratorias. Para la elección del equipo de protección se consideró el factor de protección mínimo necesario. Se seleccionó la semimáscara 3M serie 7500 que permite un factor de protección mínimo necesario de 10 veces el VLA-ED del polvo de madera, además se sugiere el filtro 3M 2091 Niosh P100 (3M Argentina SACIFIA, 2007).

Para la vía conjuntiva se sugiere gafas de protección frente a partículas de polvo fino y gases.

### **Medidas administrativas.**

La señalización es una medida importante, ya que permite concientizar al trabajador acerca de la existencia de peligros, también se sugiere la implementación de señalización respecto al uso del equipo de protección individual en las operaciones realizadas en el taller de la carpintería.

La limpieza es una operación a considerar, pues como se evidenció en las mediciones, esta operación provocó una concentración de polvo de madera muy alta. Esta operación es realizada con un soplete de aire, lo cual generó una gran contaminación. Por ello, es importante utilizar instrumentos adecuados para la limpieza, tales como bocas de aspiración para limpieza. Otro aspecto a considerar es la mayor frecuencia en el

desarrollo de esta actividad, para que se reduzca la acumulación de polvo.

## **Conclusiones**

Los factores del riesgo de inhalación de polvo de madera encontrados en la carpintería de la EPN fueron: tres focos de emisión del contaminante, falta de aislamiento del contaminante, sistema de extracción localizada inadecuado, procedimiento de trabajo inadecuado.

Las mediciones con el equipo puntual permitieron establecer que la lijadora y la sierra son las fuentes que generan mayor cantidad de contaminante respecto a la canteadora, ya que se registraron concentraciones promedio de 1,36 mg/m<sup>3</sup> y 1,84 mg/m<sup>3</sup> respectivamente, mientras que en la canteadora 0,34 mg/m<sup>3</sup>. Además de que su uso es más frecuente en la carpintería.

La media geométrica de las exposiciones diarias obtenidas es de 8,34 mg/m<sup>3</sup>, mientras que el índice de exposición diaria es de 1,66, con lo que se tiene un riesgo inaceptable.

Las mediciones de la concentración de la exposición diaria muestran que existe "no conformidad" con el valor límite ambiental para el polvo de madera de 5 mg/m<sup>3</sup>.

La implementación de un sistema de extracción es importante para la correcta captación del contaminante en las fuentes de emisión y, por lo tanto, la reducción de la concentración de polvo de madera.

La limpieza de la carpintería generó gran cantidad de polvo de madera, ya que la concentración obtenida fue de 22,64 mg/m<sup>3</sup>,

es decir alrededor de 4 veces el valor límite. Esto se debe al uso inadecuado de instrumentos que se utilizan en esta instalación.

La simulación del sistema de extracción diseñado permitió corroborar ciertos parámetros importantes en el funcionamiento del sistema de extracción, como la velocidad mínima del ducto para la correcta extracción del polvo de madera.

En el receptor se sugiere el uso equipo de protección individual, para la vía respiratoria una semimáscara 3M serie 7500, mientras que para la vía ocular gafas de protección frente a partículas de polvo.

Las medidas administrativas que se sugiere son: implementación de señalización en el taller de la carpintería, y mejora en el procedimiento de limpieza con instrumentos adecuados como bocas de aspiración.

## Literatura citada

- Bakkali F., Averbeck, S., Averbeck D., Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils: A review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Asociación Española de Normalización (2019). Norma Española UNE-EN 689:2019+AC. Madrid, España: UNE.ORG
- ACGIH (2010). *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design*. Cincinnati, Estados Unidos: Signature Publications.
- Centro Tecnológico del Mármol y la Piedra (2010). *El polvo de la madera: Riesgo laboral y su prevención*. Madrid, España: MCA-UGT.
- Cortés Díaz, J. (2012). *Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales*. Sevilla, España: Tébar Flores.
- Goberna, R. (1992). *Ventilación industrial*. Valencia, España: Generalitat Valenciana.
- INSHT (2000a). *Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas*. Barcelona, España: INSHT.
- INSHT (2000b). *Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración*. Barcelona, España: INSHT.
- INSST (2019). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2019*. Madrid, España: INSST.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (2015). *Acuerdo Ministerial 097*. Quito, Ecuador.
- OIT (2012). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid, España.
- Pérez, G. (2008). *Ventilación por extracción localizada*. Murcia, España: ISSL.
- Prado, C. (2008). *Toma de muestras personales de la fracción inhalable de materia particulada*. Murcia, España: ISSL.
- Sobachkin, A., Dumnov, G. y Sobachkin, A. (2014). *Numerical Basis of CAD-Embedded CFD*. Austria.
- 3M Argentina SACIFIA (2007). *Semimáscara 3M serie 7500*. Obtenido de: [https://www.3m.com.ar/3M/es\\_AR/p/d/b00039314/](https://www.3m.com.ar/3M/es_AR/p/d/b00039314/) (junio, 2021).