



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
GESTION DE LA PRL, CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

**Título del TFM:**

EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL RUIDO EN LA FABRICACIÓN DE  
PIEZAS AUTOMOTRIZ

**Autor:**

**Sandra Liliana Ortega Rojas**

**Tutor Académico:**

**José María García Terán**

**Construcciones Arquitectónicas, IT, MMC y TE**

**Valladolid, Julio 2024.**

## **RESUMEN Y PALABRAS CLAVE**

Este Proyecto de evaluación de impacto del ruido en la fabricación de piezas automotriz en la empresa ficticia HS, S.A, busca crear un entorno de trabajo más seguro y saludable para los empleados, promoviendo una cultura de prevención y mejora continua. Con una planificación detallada y un enfoque integral, se espera lograr la implementación de medidas de mitigación para así lograr una reducción significativa del ruido en la planta de producción y lograr la salud auditiva de los trabajadores.

**Palabras Clave:** Ruido, Pérdida auditiva inducida por ruido, prevención.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

This Noise Impact Assessment Project in the manufacture of automotive parts in the company HS, S.A., seeks to create a safer and healthier work environment for employees, promoting a culture of prevention and continuous improvement. With detailed planning and a comprehensive approach, it is expected to achieve the implementation of mitigation measures to achieve a significant reduction in noise on the production floor and achieve the hearing health of workers.

**Keywords:** Noise, Noise-induced hearing loss, prevention

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad, de realizar este master en este país. Así como la fortaleza, sabiduría y la perseverancia necesaria para completar este proyecto sin su bendición y guía no habría sido posible alcanzar este importante logro en mi vida.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han hecho posible la realización de este trabajo final de máster.

A mis padres y mis hijos por su amor incondicional, apoyo y comprensión. Su ánimo y paciencia han sido esenciales para mantenerme motivada y enfocada en mis objetivos. También a mis hermanos por su apoyo incondicional desde la distancia.

A la Universidad de Valladolid por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios, una experiencia que ha enriquecido enormemente mi formación académica y personal. Agradezco a cada uno de los profesores que han compartido sus conocimientos y han contribuido en mi crecimiento.

Quiero dedicar un agradecimiento muy especial a, quien ha estado a mi lado brindándome su apoyo. Sus palabras de aliento, su confianza en mis capacidades y su presencia han sido una fuente de inspiración y fortaleza para no darme por vencida ante las diferentes dificultades que se me presentaron. No tengo palabras para expresar mi mayor gratitud por todo lo que has hecho por mí. Me apoyo día y noche, para llevar a cabo este proyecto desde la creación del título hasta la entrega final.

Gracias a todos.

# ÍNDICE

---

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
2. Definiciones .....	2
2.1 Ruido .....	2
2.2 Pérdida auditiva inducida por ruido .....	2
2.3 Prevención.....	2
2.4 Presión sonora.....	2
2.5 Unidad de medida del sonido.....	3
2.6 Ponderación A y C.....	3
3. Antecedentes.....	4
4. Equipos de medición utilizados .....	5
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
5.1 Objetivo general.....	7
5.2 Objetivos específicos .....	7
<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>8</b>
6.1 Descripción general .....	8
6.2 Análisis inicial .....	9
6.3 Selección de estrategias de medición .....	10
6.4 Estrategias y medición basada en la tarea/operación .....	12
6.5 Determinación del nivel equivalente diario .....	12
6.6 Determinación de la incertidumbre asociada a la medición.....	13
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
7.1 Análisis de puesto de trabajo .....	14
7.2 Resultados de la medición .....	16
7.3 Criterios de valoración .....	17
7.4 Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos .....	18
7.5 Interpretación de los resultados .....	23
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>27</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>29</b>
Anexo I. Normas técnicas sobre protectores auditivos.....	29
Anexo II. Control de protectores auditivos.....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

---

<b>Tabla 1.</b> Especificaciones de los equipos de medición. ....	6
<b>Tabla 2.</b> selección de la estrategia de medición básica (UNE-EN ISO 9612:2009).....	11
<b>Tabla 3.</b> descripción de puestos de trabajo.....	15
<b>Tabla 4.</b> Resultados de medición.....	16
<b>Tabla 5.</b> Analisis de resultados .....	17
<b>Tabla 6.</b> Interpretación de resultados.....	17
<b>Tabla 9.</b> Normas Técnicas Sobre Protectores Auditivos [12] .....	29
<b>Tabla 10.</b> control de protectores auditivos .....	31

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

<b>Ilustración 1.</b> Curva de compensación o ponderación A y C para cada frecuencia [3] .....	3
<b>Ilustración 2.</b> Sonómetro, obtenida (casella-es.com) [5] .....	5
<b>Ilustración 3.</b> Dosímetro (casella-es.com) [5].....	5
<b>Ilustración 4.</b> calibrador acústico (bksv.com) [6] .....	6
<b>Ilustración 5.</b> 3m-e-a-rsoft-21[10].....	20
<b>Ilustración 6.</b> Data - PS48 [11].....	20
<b>Ilustración 7.</b> Reducción predicha del nivel de ruido (PNR). Propio .....	21





## INTRODUCCIÓN

La empresa HS, S.A, dedicada a la fabricación de piezas automotriz (Frenos), se enfrenta a un desafío significativo en relación con el ruido generado durante los procesos de producción. El ruido en la industria no solo representa un riesgo para la salud auditiva y seguridad de los trabajadores, sino que también puede verse afectada la eficiencia en la productividad. La exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede causar pérdidas auditivas, estrés, disminución de la concentración y otros problemas de salud.

En el contexto de la fabricación de piezas automotriz, donde el uso de maquinaria y equipos producen niveles altos de ruido, el control se convierte en una prioridad. Además, la industria automotriz está sujeta a estrictas regulaciones de salud y seguridad, lo que obliga a las empresas a implementar medidas de mitigación adecuadas para garantizar un entorno de trabajo más seguro y saludable.

Este proyecto de evaluación de impacto del ruido en la planta de producción HS, S.A tiene como objetivo principal analizar los niveles de ruido e identificar sus fuentes para así mitigar su impacto. A través de unas mediciones precisas, su análisis y la aplicación de medidas preventivas, se busca no solo cumplir con la normativa vigente, sino también mejorar las condiciones laborales y aumentar la satisfacción y productividad de los empleados.

Para lograr estos objetivos, se llevarán a cabo diversas actividades, de las cuales se resaltan la medición de la exposición a ruido en las diferentes zonas de la planta de producción, la comparación de estos niveles con los límites establecidos por la normativa, y el impacto del ruido en la salud auditiva de los trabajadores. Además, se propondrán medidas de atenuación del ruido en la empresa.

Este proyecto también propone la capacitación de los trabajadores en el uso adecuado de los equipos de protección auditiva y la concienciación sobre los riesgos asociados a la exposición al ruido.



## **2. DEFINICIONES**

### **2.1 RUIDO**

El ruido se refiere a los sonidos no deseados o perjudiciales provenientes del contexto ambiental como el tráfico, la industria o actividades recreativas, que pueden afectar la salud y el bienestar de los seres humanos. Provocando diversos efectos adversos, como el aumento de la tensión y la fatiga, trastornos digestivos (acidez), molestias, nerviosismo, irritabilidad, agresividad, incremento de la presión arterial y del ritmo cardiaco, e interferir en la comunicación [1].

### **2.2 PÉRDIDA AUDITIVA INDUCIDA POR RUIDO**

La exposición a ruidos de alta intensidad puede producir pérdidas auditivas temporales o permanentes. Las pérdidas auditivas pueden ocurrir de dos maneras: en primer lugar, como consecuencia de una exposición prolongada a ruidos en el medio ambiente (NIHL, del inglés Noise Induced Hearing Loss o hipoacusia inducida por ruido); en segundo lugar, por una exposición corta o súbita a explosión de ruido intenso (trauma acústico). La probabilidad de que un ruido pueda causar daño en la audición está relacionada con el incremento del nivel de presión sonora, el espectro de frecuencia y el patrón temporal de un ruido versus la duración de la exposición [2].

Las causas de la hipoacusia inducida por ruido y el trauma acústico son desconocidas. La pérdida auditiva debida al trauma acústico puede ser causada por exceder los límites fisiológicos del sistema auditivo. Una breve exposición a ruido alto puede ocasionar un aumento temporal del umbral auditivo a la frecuencia a la cual el oído fue expuesto, ocasionando una hipoacusia permanente.

### **2.3 PREVENCIÓN**

La prevención de riesgos laborales es el proceso mediante el cual se identifican, analizan y eliminan o minimizan los riesgos que pueden afectar la seguridad y salud de los trabajadores durante el desempeño de sus tareas. Implica la implementación de políticas, procedimientos y prácticas que promueven un entorno de trabajo seguro y saludable.

### **2.4 PRESIÓN SONORA**

Es la característica que permite oír un sonido a mayor o menor distancia. Indica la cantidad de energía que transporta el sonido para su propagación y determina la amplitud de la onda. La sensación auditiva del sonido débil es dada por sonidos de poca presión sonora y la de sonido fuerte, por los de alta presión sonora [3].

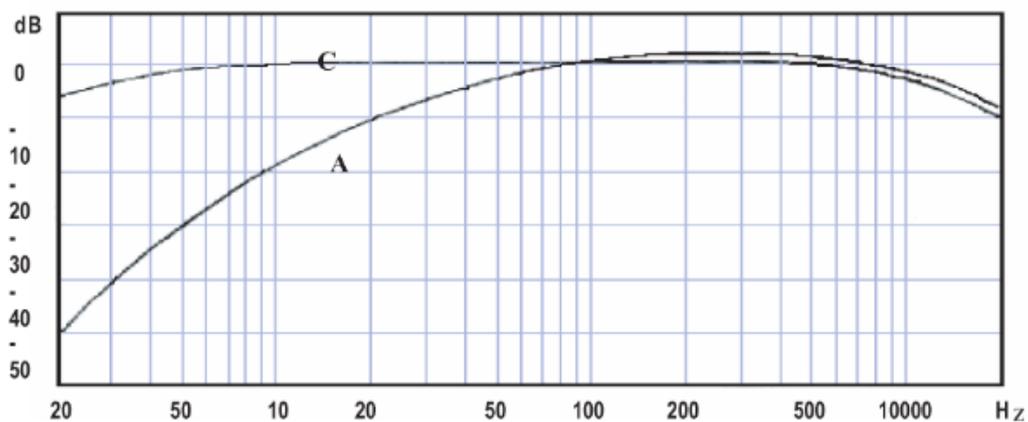


## 2.5 UNIDAD DE MEDIDA DEL SONIDO

El decibelio (dB) es la unidad adoptada para medir el sonido. En realidad, el decibelio no es una unidad, si no una relación logarítmica entre una cantidad medida y una cantidad de referencia [3].

## 2.6 PONDERACIÓN A y C

Los niveles de presión sonora medidos con ponderación A, están correlacionados con el daño auditivo que sufren las personas expuestas a altos niveles de ruido durante periodos prolongados. También se relacionan con la sensación de molestia y la interferencia a la comunicación verbal causada por determinados ruidos. Por otro lado, los niveles medidos con ponderación C, que están incorporados en la mayoría de los instrumentos de medición del, son bastantes uniformes entre los 80 y 4000 Hz y se utiliza para mediciones de banda ancha del nivel sonoro.[3]



**Ilustración 1.** Curva de compensación o ponderación A y C para cada frecuencia [3]



### 3. ANTECEDENTES

La industria automotriz es uno de los sectores más importantes en el país, caracterizado por el uso de tecnología avanzada y procesos de producción altamente automatizados dentro de la fabricación de piezas, lo que implica la utilización de máquinas y equipos de precisión, los cuales generan elevados niveles de ruido. Este ruido industrial representa un desafío para la salud y seguridad de los trabajadores, y para el cumplimiento de las normativas ambientales y laborales.

Históricamente el ruido industrial ha sido reconocido como un factor de riesgo para los trabajadores en este sector. Según la organización mundial de la salud (OMS) y la agencia europea para la seguridad y la salud en el trabajo (EU-OSHA), la exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede causar muchos problemas de salud, incluyendo las pérdidas auditivas, hipertensión arterial, trastornos del sueño, estrés y la disminución de la concentración. Estas afecciones no solo impactan negativamente en la calidad de vida de los empleados en este sector, sino que también pueden reducir significativamente la productividad, así como aumentar el riesgo de enfermedades profesionales.

En el artículo 16. Evaluación de los riesgos laborales y la planificación de las actividades preventivas de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995 y, en particular, en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se establecen los límites de exposición, e indican la obligatoriedad de las empresas a adoptar medidas preventivas para reducir la exposición de los trabajadores, incluyendo los controles y el suministro de equipos de protección individual adecuados. [4]

La empresa HS, S. A, fue fundada en el 2011, dedicada a la fabricación de pieza automotriz (frenos), ha desarrollado un crecimiento, ampliando sus instalaciones y modernizado el sistema de producción para mantenerse competitiva en el mercado. Sin embargo, el desarrollo y la modernización también ha aumentado los niveles de ruido en la planta de producción, poniendo en riesgo la salud auditiva de los trabajadores.

## 4. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Los instrumentos de medida usados para la realización de las mediciones de ruido han sido:

**SONOMETRO:** Es un dispositivo utilizado para medir el nivel de presión sonora en un entorno específico. Sirve para evaluar la intensidad del ruido y garantizar el cumplimiento de normas de seguridad y salud en diversos entornos, como fábricas y áreas urbanas.



*Ilustración 2. Sonómetro, obtenida (casella-es.com) [5]*

**DOSIMETRO:** Es un dispositivo utilizado para medir la exposición acumulada en un entorno laboral durante un periodo específico. Se utiliza principalmente para evaluar la dosis de ruido recibido por los trabajadores, ayudando a prevenir daños auditivos y cumplir con las normativas de seguridad.



*Ilustración 3. Dosímetro (casella-es.com) [5]*

**CALIBRADOR ACÚSTICO:** Este es un dispositivo utilizado para verificar y ajustar la precisión de los sonómetros y otros equipos de medición de sonido. Emite un tono de referencia con un nivel de presión sonora específico, asegurando que las mediciones sean precisas y confiables.



**Ilustración 4.** calibrador acústico (bksv.com) [6]

Los equipos mencionados anteriormente cumplen con las especificaciones de la Orden ICT/155/2020, de 7 de febrero, que regula el control metrológico del estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.

Para realizar las mediciones, toda la instrumentación ha sido comprobada y ajustada con un calibrador acústico que cumpla las especificaciones de la norma UNE-EN 60942:2019, antes y después de cada medición o serie de mediciones. Esto es necesario ya que condiciones ambientales, como temperatura, presión y humedad relativa, pueden afectar la respuesta del instrumento. [7]

EQUIPO	MARCA	MODELO	N.º SERIE
SONOMETRO	CASELLA-CEL 6XO	610/620	5011584
CALIBRADOR ACÚSTICO	BRUEL KJAER	4231	2084806
DOSÍMETRO	CEL	352	3154216
DOSÍMETRO	CEL	352	3154400

**Tabla 1.** Especificaciones de los equipos de medición.



## OBJETIVOS

### 5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto del ruido generado durante la fabricación de pieza automotriz en la empresa HS, S.A, identificar las fuentes principales de ruido y proponer las medidas de mitigación.

### 5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir los niveles de ruido en las zonas de producción de la planta para identificar las fuentes de ruido.
- Comparar los niveles de ruido obtenidos con los límites establecidos por la normativa vigente y determinar si se encuentran dentro de lo permitido.
- Analizar el impacto del ruido en la salud auditiva de los trabajadores.
- Capacitar a los trabajadores en el uso adecuado de los equipos de protección individual y concientizarlos sobre los riesgos asociados a la exposición al ruido.



## METODOLOGIA

### 6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Para la medición de la exposición al ruido que se lleva a cabo en el presente estudio, se toman las muestras en las distintas zonas de trabajo de la planta, registrando los datos. Se instalaron dos dosímetros en aquellos trabajadores que requerían de cierta movilidad. Por otro lado, se midieron con sonómetros los niveles de ruido existentes en puestos fijos durante la manipulación de determinadas máquinas y sus procesos productivos.

Las mediciones se tomaron siempre que fue posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono del sonómetro a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador fue necesaria, el micrófono se colocó, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia.

Tanto el número, la duración como el momento de realización de las mediciones se eligieron teniendo en cuenta que nuestro objetivo básico es posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente Real Decreto 286/2006.

Por ello, cuando del resultado de la medición se sitúe en el intervalo de incertidumbre de los límites establecidos en el RD, puede optarse por suponer que se supera dicho límite, o incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.

Para la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre debe estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos. Durante las mediciones realizadas, las condiciones de trabajo fueron las habituales, sin alteración del proceso productivo. Asimismo, las actividades y exposiciones en los puestos de trabajo fueron las de una jornada laboral normal. A partir de los resultados de la medición obtenidos en la etapa anterior, se calculó el nivel diario equivalente LAeq, d en dB(A) para cada puesto de trabajo.

Obtenidos los datos de niveles de ruido para cada trabajador, en el Artículo 5 del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se establecen unos valores límites de exposición que no deben sobrepasarse.

Por tanto, una vez obtenidos los resultados de los niveles diarios equivalentes en cada puesto/os de trabajo, se marcarán las acciones preventivas pertinentes acorde a lo indicado en el RD 286/2006. [4]



**Artículo 5.** *Los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.*

A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria al ruido y a los niveles de pico, se fijan en:

Valores límite de exposición:

$L_{Aeq, d} = 87 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$ , respectivamente.

Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$L_{Aeq, d} = 85 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$ , respectivamente.

Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$L_{Aeq, d} = 80 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$ , respectivamente.

Al aplicar los valores límite de exposición para la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

En las circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:

- a. El nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de  $87 \text{ dB(A)}$ ,
- b. Se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades. (Real Decreto 286/2006, art. 5) [4].

## **6.2 ANALISIS INICIAL**

El objetivo principal de esta metodología es preparar un plan de medición que permita obtener una evaluación representativa y fiable de la exposición al ruido. Se seguirá la siguiente secuencia:

1. Análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible:

- a. Entrevistas con los mandos y los trabajadores expuestos.
- b. Si existe una evaluación de la exposición al ruido previa, es importante su consulta.
- c. Observaciones propias de las condiciones existentes. Datos generales de la empresa. Organigrama, departamento, puesto de trabajo, líneas de producción.



2. Definición de grupos de exposición homogéneos, formados por grupos de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes.
3. Selección de la estrategia de medición
4. Desarrollo del plan de medición
5. Cálculo y evaluación de la incertidumbre.
6. Validación de los resultados.
7. Informe de la medición.

### **6.3 SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN**

Según la Norma UNE-EN ISO 9612:2009, se pueden utilizar las siguientes estrategias de medición:

- a. Estrategia de medición basada en la tarea: se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas y, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora.
- b. Estrategia de medición basada en la función: se toma un cierto número de muestras aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de funciones particulares.
- c. Estrategia de medición de una jornada completa: se mide el nivel de presión sonora de forma continua a lo largo de jornadas laborales completas [8].

La selección de la estrategia de medición más apropiada va a depender de varios factores tales como:

- a. El objeto de la medición
- b. La complejidad de las condiciones de trabajo
- c. El número de trabajadores expuestos
- d. La duración de la exposición en lo largo de la jornada de trabajo e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para el posterior análisis de los resultados.

Asimismo, como la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que la hacen más o menos apropiada para cada situación.



En la siguiente tabla se puede ver una selección de las distintas estrategias de medición según el patrón de trabajo:

TIPO O PAUTA DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Estrategia 1 Medición basada en la tarea	Estrategia 2 Medición basada en la función	Estrategia 3 Medición de la jornada completa
Puesto de trabajo fijo	Tarea simple o única	✓ ●	-----	-----
	Tareas complejas o múltiples	✓ ●	✓	✓
Trabajador móvil	Pauta previsible Pequeño número de tareas	✓ ●	✓	✓
	Trabajo previsible Gran número de tareas o situaciones de trabajo complejas	✓	✓	✓ ●
	Pauta de trabajo imprevisible	-----	✓	✓
Trabajador fijo o móvil	Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	-----	✓ ●	✓ ●
	Sin tareas asignadas	-----	✓ ●	✓
✓ La estrategia se puede utilizar. ● Estrategia recomendada.				

**Tabla 2.** Selección de la estrategia de medición básica (UNE-EN ISO 9612:2009)

Para la elaboración de este informe, y considerando todos los datos previamente mencionados, se ha seleccionado la estrategia de medición basada en la tarea, ya que es la recomendada para los puestos objeto de estudio.



## 6.4 ESTRATEGIAS Y MEDICIÓN BASADA EN LA TAREA/OPERACIÓN

Las mediciones se han realizado siguiendo el protocolo establecido en el apéndice 5 de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido y la norma ISO 9612:2009.

Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

Para realizar este tipo de mediciones, se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en tareas u operaciones específicas. Esto se hacen de manera que, durante la realización de cada tarea, el trabajador tenga una exposición al ruido similar, obteniendo así valores homogéneos.

Para cada tarea, se debe realizar al menos tres mediciones. Si los resultados de estas tres mediciones difieren en tres decibelios o más, se debe:

- Realizar al menos tres mediciones adicionales de la tarea, o
- Subdividir la tarea en otras más específicas y realizar nuevamente las mediciones, o
- Repetir las mediciones con una duración más larga para cada medición.

## 6.5 DETERMINACIÓN DEL NIVEL EQUIVALENTE DIARIO

El valor del nivel equivalente de presión sonora para cada operación se calcula con la expresión:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{L_{Aeq,T,m,n}/10} \right] dBA \quad \text{Eq.1}$$

Donde:

- $L_{Aeq,T,m}$  es el nivel equivalente durante la operación "m",
- $L_{Aeq,T,m,n}$  es el resultado de cada una de las mediciones de la operación
- N es el número de mediciones.

La contribución de cada operación al nivel equivalente diario se calcula con la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,d,m} = 10 \log \left[ \frac{T_m}{8} 10^{L_{Aeq,T,m}/10} \right] dBA \quad \text{Eq.2}$$

Donde:

- $L_{Aeq,T,m}$  es el nivel equivalente durante la operación m
- $T_m$  es el valor medio de la duración de dicha operación.

El nivel equivalente diario  $L_{Aeq,d}$  se calcula de la siguiente forma a partir de las operaciones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \left[ \sum_{M=1}^M 10^{L_{Aeq,d,m}/10} \right] dBA \quad \text{Eq.3}$$



## 6.6 DETERMINACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE ASOCIADA A LA MEDICIÓN

La incertidumbre asociada a una serie de mediciones (Tabla 5. *Análisis de resultados*) puede tener diversos orígenes, entre los que destacan los siguientes:

- Posición del micrófono, tipo de instrumentación y calibración.
- Variaciones en el trabajo diario, como cambios en el nivel de ruido y en el tiempo de exposición.
- Errores en el análisis previo de las condiciones de trabajo.
- Errores debidos a falsas contribuciones que pueden falsear los resultados (viento, golpes al micrófono, etc.).
- Contribuciones de fuentes de ruido ajenas al trabajo (voz humana, música, señales de alarma, etc.).

Conforme a lo estipulado en la UNE-EN ISO 9612:2009, en su epígrafe C.2 Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la tarea y C.2.1 Relación funcional para una medición basada en la tarea.

La expresión general para la determinación del nivel de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , utilizando la medición basada en la tarea, es:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right] \text{ dB} \quad \text{Eq.4}$$

Donde:

- $\bar{T}_m$  es la media aritmética de las duraciones de la tarea m;
- $T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h;
- m es el número de tarea;
- M es el número total de tareas;

$L_{p,A,eqT,m}^*$  es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m,

$$L_{p,A,eqT,m}^* = L_{p,A,eqT,m} + Q_2 + Q_3 \quad \text{Eq.5}$$

Donde:

- $Q_2$  es la corrección para el instrumento de medición utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;
- $Q_3$  es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A. [8]

Los instrumentos de medición del nivel de presión sonora indican los términos de la medida cuadrática de todas las variaciones de niveles que ocurren en un periodo determinado. Esta medición está relacionada con la de respuesta del oído humano.



## RESULTADOS

### 7.1 ANÁLISIS DE PUESTO DE TRABAJO

El proceso de fabricación de pieza automotriz ha sido clasificado en 10 puestos de trabajo, que se describe a continuación.

PUESTO DE TRABAJO	DESCRIPCIONES DE LOS PUESTOS DE TRABAJO	RESPONSABILIDAD
Operario de maquina CNC	Maneja y programa máquinas de control numérico por computadora (CNC) para producir piezas según especificaciones precisas. Configura la máquina, selecciona las herramientas adecuadas y supervisa el proceso de mecanizado.	Programar maquinas CNC, cargar y descargar piezas, monitorear el proceso de mecanizado, realizar ajustes necesarios y asegurar la calidad de las piezas producidas.
Tornero/fresador:	Opera tornos y fresadoras manuales o automáticas para dar forma a las piezas metálicas. Utiliza planos y especificaciones técnicas para producir componentes precisos	Configurar y operar tornos y fresadoras, realizar cortes y acabados, medir y verificar piezas, y mantener el equipo en buen estado.
Inspector de calidad:	Realiza inspecciones y verificaciones de las piezas terminadas para asegurar que cumplen con las especificaciones y estándares de calidad	Inspeccionar piezas utilizado herramientas de medición, registrar resultados de inspección, identificar y reportar defectos, y colocar en la mejora de procesos de calidad.
Operador de montaje	Ensambla piezas y componentes para formar productos acabados. Utiliza herramientas manuales y equipos de ensamblaje	Ensamblar componentes según planos y especificaciones, verificar la calidad del ensamblaje, y mantener el área de trabajo ordenada.
Técnico de mantenimiento	Realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y equipos de producción para asegurar su buen funcionamiento	Inspeccionar y reparar maquinaria, realizar mantenimiento preventivo, solucionar problemas mecánicos y eléctricos, y registrar actividades de mantenimiento.
Operador de maquinaria	Pesada: maneja equipos como grúas o carretillas elevadoras para mover materiales y productos dentro de la planta.	Operar maquinaria pesada de manera segura, transportar materiales según sea necesario, y mantener el equipo en buenas condiciones.



Supervisor de producción	supervisa y coordina las actividades diarias de producción, asegurando que los objetivos de producción se cumplan y se mantengan la eficiencia	coordinar el trabajo del personal de producción, monitorear el proceso de la producción, resolver problemas operativos y asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad.
Almacenista	Gestiona el inventario de toda la materias primas y productos terminados, asegurando un flujo adecuado de materiales.	recibir y almacenar materiales, llevar un registro de inventario, preparar pedidos para producción, y mantener el almacén organizado.
Operador de torno automático	maneja tornos automáticos para la producción en masa de piezas	configurar y operar tornos automáticos, realizar ajustes durante la producción, y asegurar la calidad de las piezas.
Operador de rectificadoras	opera maquinas rectificadoras para dar acabados finos y precisos a las piezas	configurar y operar rectificadoras, medir y verificar piezas, y mantener la maquina en buen estado

**Tabla 3.** Descripción de puestos de trabajo



## 7.2 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN

Para mayor precisión de la medición, se ha decidido que en aquellos puestos en que se ha evaluado el nivel de riesgo con sonómetro, se hayan tomado 3 muestras para garantizar la exactitud de los datos, ya que la medición con dosímetro da un resultado más cercano a las condiciones reales a las que está expuesto el trabajador, que lo lleva puesto encima durante varias horas, aproximándose a una jornada laboral de 8 horas. (desconectado los 30 min correspondientes al descanso).

PUESTOS DE TRABAJO	L <sub>Aeq, d</sub> (dBA)			Tiempo exposición (*)	L <sub>pico</sub> (dBC)		
Operario de maquina CNC	81,7	84,5	80,0	2	108,4	119,7	105,60
	81,3	78,7	80,7	2,75	109,4	97,6	104,40
	76,6	76,8	79,1	2,75	95,5	97,4	104,90
Tornero/fresador	81,8	83,6	82,3	2	112,2	118,8	107,70
	78,7	77,3	77,8	2,75	103,3	98,8	100,90
	80,4	79,6	81,3	2,75	103,3	101,5	105,60
Operador de montaje	84,5	83,8	88,5	2,5	114,9	112,2	113,70
	81,2	81,0	80,7	5	110,1	101,4	104,30
Supervisor de producción	81,3	83,5	81,3	3,75	102,1	110,7	102,10
	81,2	81,0	80,7	3,75	99,6	101,2	104,80
Inspector de calidad	81,8	83,7	86,4	2,5	113,2	119,9	120
	81,3	85,1	83,7	2	101,1	103,1	102,9
	79,1	80,1	79,1	3	103,1	105,9	98,90
Operador de torno automático	84,4	84,1	80,0	3,75	114,5	114,1	105,80
	80,7	81,3	81,6	3,75	99,6	100,4	106,00
Operador de rectificadoras	81,8	83,5	80,3	3,75	108,2	122,6	103,30
	81,6	81,2	80,8	3,75	101,4	100,9	104,00
Almacenista	76,2	76,3	74,2	7,5	108	109,6	114,10
Técnico de mantenimiento	84,5			7,5	122,8		
Operador de maquinaria pesada	85,9			7,5	124,8		

**Tabla 4.** Resultados de medición.

\*Se han considerado los tiempos de exposición de acuerdo con la información facilitada por la empresa. luego de analizar las condiciones de trabajo, se concluye que es despreciable la exposición al ruido durante el resto de la jornada laboral.



PUESTOS DE TRABAJO	TIEMPO EXP. (h/día)	L <sub>Aeq, d</sub> (dBA)	INCERTIDUMBRE
Operario de maquina CNC	2	80,1	±2,6
	2,75		
	2,75		
Tornero/fresador	2	80,2	±1,9
	2,75		
	2,75		
Operador de montaje	2,5	83,2	±1,9
	5		
Supervisor de producción	3,75	81,3	±2,2
	3,75		
Inspector de calidad	2,5	82,5	±2,0
	2		
	3		
Operador de torno automático	3,75	82,1	±2,3
	3,75		
Operador de rectificadoras	3,75	81,4	±2,2
	3,75		
Almacenista	7,5	82	±3,0
Técnico de mantenimiento	7,5	84,2	±3,0
Operador de maquinaria pesada	7,5	85,6	±3,0

Tabla 5. Analisis de resultados

### 7.3 CRITERIOS DE VALORACIÓN

La valoración de los resultados obtenidos en el apartado anterior se ha realizado acorde a los criterios marcados por el RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

En el artículo 5, quedan establecidos los valores límites de exposición, que no deben sobrepasarse. Además, el artículo indica unos valores de exposición (superiores e inferiores) que dan lugar a una acción. Estos niveles pueden verse reflejados en la siguiente tabla:

Art. 5 (RD 286/2006)	L <sub>Aeq, d</sub>	L <sub>pico</sub>
Valores límite de exposición	>87 dB(A)	>140 dB(C)
Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción	>85 dB(A)	>137 dB(C)
Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción	>80 dB(A)	>135 dB(C)

Tabla 6. Interpretación de resultados.



## 7.4 ESTIMACIÓN DE LA ATENUACIÓN EFECTIVA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

Según lo establecido en el artículo 4 del R.D. 286/2006, a continuación, se relacionan las medidas preventivas que serán objeto de planificación, las cuales se deberán integrar dentro de la planificación general de la empresa con el fin de eliminar o controlar y reducir los riesgos evaluados.

En la siguiente tabla, se establecen las acciones preventivas a considerar, en función de los niveles diarios equivalentes y/o los niveles de pico que se registren en los distintos puestos de trabajo evaluados en el presente estudio:

ACCIONES PREVENTIVAS	Valores inferiores que dan lugar a una acción > 80 dB(A) y/o > 135 dB(C) de $L_{pico}$	Valores superiores que dan lugar a una acción > 85 dB(A) y/o > 137 dB(C) de $L_{pico}$	Valores límite de Exposición > 87 dB(A) y/o > 140 dB(C) de $L_{pico}$
Información y formación a los trabajadores y/o sus representantes	SI (1)	SI	SI
Evaluación de la exposición al ruido	Mínimo cada 3 años (2)	Mínimo anualmente	Mínimo anualmente
Protectores auditivos individuales	Disposición para todo el personal expuesto	Disposición, suficiencia y uso obligado por los expuestos (3)	Disposición, suficiencia y uso obligado por los expuestos
Señalización de las zonas de exposición	NO	Sí (acceso restringido si es viable)	Sí (acceso restringido si es viable)
Control médico auditivo	Sí (cuando exista riesgo para la salud; mínimo cada 5 años)	SI (mínimo cada 3 años)	SI (mínimo cada 3 años)
Programa técnico/organizativo para reducir la exposición al ruido	NO	SI	SI
Reducción inmediata exposición al ruido y actuación para evitar nuevas sobreexposiciones Informar a los delegados de prevención	NO	NO	SI (con protector insuficiente o sin protector que atenúe por debajo de los límites de exposición)
(1) Se informará y formará a los trabajadores cuando $L_{Aeq, d} \geq 80$ dBA y/o $L_{pico} \geq 135$ dBC (2) Se evaluará la exposición al ruido mínimo cada tres años si $L_{Aeq, d} > 80$ dBA (3) Se utilizan protectores auditivos cuando $L_{Aeq, d} \geq 85$ dBA y/o $L_{pico} \geq 137$ dBC			

**Tabla 7.** Acciones preventivas [4]



A través de la NTP 638 quedan descritos los procedimientos normalizados para estimar la reducción de ruido que se pueden conseguir con el uso de un determinado protector auditivo, tal como se describen en la norma UNE EN ISO 4869 acústica.

Es importante que el trabajador entienda que para que los protectores auditivos cumplan su función de forma correcta, deben utilizarse durante todo el tiempo de exposición, ya que la eficacia disminuye de forma exponencial al reducir el tiempo de uso del protector.[9]

Por ello, hay que destacar la importancia que tiene la formación y las instrucciones que se deben dar a los trabajadores, para que éstos se encuentren motivados para la utilización de estos protectores, por ello es importante recordar que:

- La eficiencia en la Protección: Conocer el tiempo adecuado de uso garantiza que los protectores se utilicen durante los periodos necesarios para ofrecer una protección efectiva. Un uso incorrecto puede dejar al trabajador expuesto a niveles de ruido peligrosos.
- Salud Auditiva: La sobreexposición al ruido sin protección adecuada puede llevar a daños auditivos permanentes, como la pérdida de audición o tinnitus. Entender los efectos del tiempo de uso ayuda a prevenir estos daños.
- Confort y Comodidad: Los trabajadores informados pueden gestionar mejor el uso de los protectores para maximizar la comodidad. Esto incluye conocer cuándo es necesario hacer pausas para evitar molestias o irritaciones causadas por el uso prolongado.
- Mantenimiento y Durabilidad: Conocer el tiempo de uso adecuado también ayuda en el mantenimiento de los protectores. Un uso excesivo puede desgastar los protectores más rápido, disminuyendo su efectividad y aumentando los costos por reemplazo.
- Cumplimiento Normativo: Estar informado sobre los tiempos de utilización ayuda a cumplir con las normativas y regulaciones de seguridad y salud ocupacional. Esto asegura un entorno laboral seguro y legalmente conforme.
- Cultura de Seguridad: Educar a los trabajadores sobre los efectos del tiempo de uso promueve una cultura de seguridad en el lugar de trabajo, donde la protección personal es vista como una responsabilidad compartida y prioritaria.

Los protectores auditivos (orejeras o tapones) están sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI). Para la selección hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Deben seleccionarse los que lleven el marcado CE y el fabricante pueda proporcionar la declaración de conformidad.
- El tamaño del protector auditivo (si es de aplicación).
- La comodidad del usuario. Conviene que el usuario participe en la selección del protector auditivo, para que evalúe el que resulte más cómodo dentro de los que ofrecen el suficiente nivel de protección.
- La existencia de un folleto informativo suministrado por el fabricante.
- En el caso de exposición intermitente es preferible el uso de orejeras o de tapones con banda, pues su colocación y retirada es más rápida.
- La existencia de problemas previos de salud.

- La compatibilidad con otros equipos como cascos de protección, gafas, etc.
- En el caso de material desechable, deben eliminarse después de su uso.
- Los protectores reutilizables deben ser limpiados regularmente y mantenidos en buen estado para evitar irritaciones y cualquier otro problema referente a los oídos.
- La necesidad de una buena higiene, ya que los protectores auditivos pueden presentar contaminación y producir irritaciones o abrasiones en la piel.
- Al manipular los protectores, el usuario debe tener las manos limpias, en particular si se utilizan tapones.
- Los protectores auditivos deben ser de uso individual.

Protección auditiva utilizada: TAPONES E-A-RSOFT (con cordón y sin cordón)							
							
<b>Ilustración 5. 3m-e-a-rsoft-21[10]</b>							
Frecuencia (Hz)	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
Valor medio de Atenuación	18.1	16.1	17.1	19.8	31.9	34.9	31.0
Desviación Típica	5.4	4.9	4.0	2.8	4.7	4.3	5.2
<b>SNR 21 dB H: 24 dB M: 17 dB L:14 dB</b>							
<b>RESULTADO:</b> El protector auditivo provee una atenuación adecuada para el ruido ambiental existente siempre que se use durante la totalidad del tiempo de exposición y en las condiciones adecuadas							
Protección auditiva utilizada: OREJERA PS48 PORTWEST SLIM							
							
<b>Ilustración 6. Data - PS48 [11]</b>							
Frecuencia (Hz)	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>8000</b>
Valor medio de Atenuación	11.2	12.8	19.9	27.6	34.1	41.6	37.3
Desviación Típica	4.3	3.9	3.6	3.8	2.4	3.2	4.5
<b>SNR 22 dB H: 30dB M: 19 dB L: 12 dB</b>							
<b>RESULTADO:</b> El protector auditivo provee una atenuación adecuada para el ruido ambiental existente siempre que se use durante la totalidad del tiempo de exposición y en las condiciones adecuadas							

**Tabla 8.** Atenuación del protector auditivo

La prestación más importante de los EPI's es la atenuación que proporcionan. Este es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación. Los datos sobre la atenuación deben figurar en el folleto informativo que la fabricante adjunta al protector auditivo. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

El objetivo del cálculo es determinar la protección que ofrece un protector auditivo, denominada reducción prevista del nivel de ruido (PNR), y el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ) cuando se utiliza el protector en un ambiente caracterizado por un nivel de presión sonora  $L_A$ . La relación entre ellos es:

$$PNR = L_A - L'_A \quad \text{Eq.6}$$



**Ilustración 7.** Reducción prevista del nivel de ruido (PNR). Propio

Se definen los siguientes parámetros pertenecientes al protector auditivo:

**Atenuación a alta frecuencia (H)**, representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es

$$L_C - L_A = -2 \text{ dB.} \quad \text{Eq.7}$$

**Atenuación a media frecuencia (M)**, representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es

$$L_C - L_A = +2 \text{ dB} \quad \text{Eq.8}$$

**Atenuación a baja frecuencia (L)**, representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es

$$L_C - L_A = +10 \text{ dB} \quad \text{Eq.9}$$



**Índice de reducción único (SNR)**, es el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado C ( $L_C$ ) para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado A ( $L'_A$ ).

**Protección asumida de un protector ( $APV_f$ )** Es un valor, por banda de octava, obtenido de restar del valor medio de atenuación por banda de octava ( $m_f$ ), en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica ( $s$ ) obtenida en dichos ensayos.

$$APV_f = m_f - \delta \quad \text{Eq.10}$$

El valor de APV, así computando, es la atenuación de que se dispondrá con una probabilidad del 84%, o lo que es lo mismo, es la atenuación que tendrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen. Si se desea aumentar la eficacia de la atenuación al 95% se utilizará:

$$APV_f = m_f - 1,64\delta \quad \text{Eq.11}$$

Dado que el valor de  $APV_f$  interviene en el cálculo de PNR, H, M, L y SNR, es primordial conocer el porcentaje de eficacia utilizado. Habitualmente, la eficacia es del 84%.

- La información que proporciona el folleto informativo de los protectores auditivos incluye los valores de H, M, L, SNR y  $APV_f$  para las octavas de frecuencia central entre 63 y 8000 Hz.
- Los valores de H, M y L, que son independientes del ruido ambiental, se computarizan a partir del comportamiento del protector  $APV_f$  respecto a ocho espectros de ruido, diferentes y normalizados.
- El valor del índice de ruido único (SNR) se consigue para cada protector a partir de la protección asumida  $APV_f$  y el efecto que ésta tiene sobre un ruido rosa (ruido que entre otras características posee iguales niveles de presión acústica en todas las octavas) cuyo espectro está normalizado. Por este motivo el SNR es independiente del ruido ambiental.

El primer paso para evaluar la atenuación de un protector auditivo es realizar mediciones para conocer los niveles de ruido.

Para calcular la atenuación del protector auditivo se utilizó el método HML "Completo", que especifica tres atenuaciones; High (Alta), Medium (Media) y Low (Baja):

### **Método de H, M y L**

El método requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores de H, M y L del protector auditivo. Se calcula el valor de PNR como la diferencia entre  $L_C$  y  $L_A$  de la siguiente manera:

$$PNR = M - \frac{H-M}{4} (L_C - L_A - 2) \quad \text{Eq.12}$$



$$PNR = M - \frac{M - L}{8} (L_C - L_A - 2) \quad \text{Eq.13}$$

Si la diferencia  $L_C - L_A \leq 2 \text{ dB}$  se debe utilizar la expresión (Eq.12) y si en caso de  $L_C - L_A \geq 2 \text{ dB}$ . (Eq.13)

Atendiendo a los niveles de exposición de todos los puestos de trabajo evaluados, se observa que todos llegan a superar los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_A > 80 \text{ dBA}$  y  $L_{pico} \leq 135 \text{ dBC}$ .

Si hacemos referencia como medida preventiva a la implantación de protectores aditivos, entenderemos que, en función de los niveles de ruido medidos, el trabajador tendrá disposición de utilizarlos, pero no le serán obligatorios en ningún momento. Excepto el operador de maquinaria pesada que, si es obligatorio el uso del protector auditivo en su puesto de trabajo.

PUESTOS DE TRABAJO	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq, d}$ (dBA)	INCERTIDUMBRE	$L_{pico}$ (dBC)
Operador de maquinaria pesada	7,5	85,6	±3,0	124,8

**Tabla 9.** Resultado muestra del operador de maquina

## 7.5 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se han descrito en profundidad los resultados obtenidos, e interpretaremos algunos de ellos:

Los resultados indican que los niveles diarios equivalentes ( $L_{Aeq,d}$ ) son mayores de 80 dB(A) o bien que, los niveles  $L_{pico}$  son mayores de 135 dB(C), por lo que, en ambos casos, se superarían los valores inferiores de exposición en todos los puestos de trabajo.

Los resultados indican que los niveles diarios equivalentes ( $L_{Aeq,d}$ ) son mayores de 85 dB(A) o bien que, los niveles  $L_{pico}$  son mayores de 137 dB(C), por lo que, en ambos casos, se superarían los valores inferiores de exposición en un puesto de trabajo.

Como consecuencia de los resultados obtenidos, se deberá tomar alguna acción preventiva en todos los puestos evaluados, según indicaciones de la **Tabla 7**. Acciones preventivas [4]:



Medidas para los niveles equivalentes ( $L_{Aeq,d}$ ) mayores de 80 dB(A) o bien que los niveles  $L_{pico}$  son mayores de 135 dB(C):

- Información a los trabajadores sobre los riesgos de la exposición a ruido, los resultados de la evaluación de la exposición a ruido, medidas preventivas y utilización de los equipos de protección individual.
- Evaluación de la exposición al ruido cada 3 años.
- Formación a los trabajadores sobre los riesgos de la exposición a ruido, medidas preventivas y utilización de equipos de protección individual, en los términos recogidos en el artículo 9 del RD 286/2006 y los artículos 18.1 y 19 de la Ley 31/1995.
- Asignar protecciones auditivas individuales a todos los trabajadores expuestos.
- Realización de un control médico auditivo obligatorio cuando exista riesgo para la salud (mínimo cada 5 años).

Medidas para los niveles equivalentes ( $L_{Aeq,d}$ ) mayores de 85 dB(A) o bien que, los niveles  $L_{pico}$  son mayores de 137 dB(C):

- Información a los trabajadores sobre los riesgos de la exposición a ruido, los resultados de la evaluación de la exposición a ruido, medidas preventivas y utilización de los equipos de protección individual.
- Evaluación de la exposición al ruido anual.
- Asignar protecciones auditivas individuales a todos los trabajadores expuestos. Uso obligatorio.
- Señalización de la zona de exposición (restringir el acceso si es viable).
- Realización de un control médico auditivo obligatorio cuando exista riesgo para la salud (mínimo cada 3 años).
- Realizar un programa técnico / organizativo para reducir la exposición al ruido.

Con estas medidas de acción sería suficiente, siempre y cuando los niveles de exposición no aumenten de valor en futuras revisiones de la evaluación del ruido, en cuyo caso, obligaría al empresario a tomar otras medidas obligatorias.

### **Otras medidas para tener en cuenta.**

#### ***Disminuir el nivel de ruido en el foco de origen:***

Actuando sobre los equipos y procesos que producen esos niveles, mediante:

- Diseño y compra de máquinas con bajo nivel de ruido, verificando la Declaración de ruido, información cuantitativa sobre el ruido emitido por la máquina facilitada obligatoriamente por el fabricante.
- Mantenimiento adecuado de las máquinas conforme a lo señalado en el manual de instrucciones del fabricante.
- Eliminación de vibraciones: Utilizar elementos antivibratorios que amortigüen la vibración de las máquinas.
- Cerramientos totales o parciales con materiales aislantes que atenúen al máximo el nivel de ruido emitido por la fuente.



- Aislamiento y/o recubrimiento con materiales fonoabsorbentes de focos de ruido.
- Mejoras relacionadas con el flujo y caudal de fluidos del proceso (aire comprimido, sistemas de ventilación, etc.).
- Recubrimiento de superficies donde impactan piezas con materiales elásticos.
- Incluir en el plan de mantenimiento un apartado específico de control del ruido emitido.
- Es conveniente alejar las máquinas de paredes y superficies reflectantes.
- Para la limpieza de la máquina o herramienta, se recomienda no soplar las virutas con la pistola de aire comprimido, sino evacuarlas por enjuague (mediante un líquido de enfriamiento), o bien barrerlas con escobillas.
- Sustituir las alertas sonoras, por alertas ópticas (luz intermitente).
- Colocar una alfombra de caucho en el punto de descarga del material a fin de amortiguar el golpe de caída.
- Realizar con una mayor periodicidad el engrase o lubricación de las partes móviles de la maquinaria.

***Medidas organizativas.***

- Mantener los puestos de trabajo lo más alejados posible de las paredes del local, ya que el nivel de presión acústica se hace mayor en las cercanías de estas debido al fenómeno de reflexión acústica.
- Disminuir la exposición al ruido organizando una rotación de los puestos de trabajo.
- Realizar pausas sin ruido. Las pausas para desayuno, comida, etc. deben hacerse en lugares sin ruido, lo que además permite la recuperación del trabajador.
- Reducir el número de personas expuestas a ruido, así como reducir al mínimo la exposición de dichas personas.



## CONCLUSIONES

1. En todos los puestos de trabajo de la empresa HS, S.A, se identifican niveles de ruido por encima del “valor inferior”, que da lugar a una acción preventiva.
2. Se ha detectado el riesgo higiénico frente al ruido en los puestos de trabajo evaluados.
3. Para todos los empleados de la empresa se encuentran disponibles los protectores auditivos, pero sin la obligatoriedad de ponérselos, para aquellos trabajadores expuestos a niveles de  $(L_{Aeq,d})$  de 80 dB(A) o bien el nivel  $L_{pico}$  de 135 dB(C).
4. Los protectores auditivos son de uso obligatorio para los trabajadores expuestos a los niveles de  $(L_{Aeq,d})$ , mayores de 85 dB(A) o bien si el nivel  $L_{pico}$ , es mayores de 137 dB(C).
5. La información y formación relativa al riesgo higiénico por ruido es una medida preventiva imprescindible en estos trabajadores.
6. Se debe realizar la evaluación de la exposición al ruido cada 3 años a los trabajadores expuestos a los niveles de  $(L_{Aeq,d})$ , mayores de 80 dB(A) o bien a niveles  $L_{pico}$ , mayores de 135 dB(C).
7. Se debe realizar la evaluación de la exposición al ruido anual a los trabajadores expuestos a los niveles de  $(L_{Aeq,d})$ , mayores de 85 dB(A) o bien a los niveles  $L_{pico}$ , mayores de 137 dB(C).
8. La efectividad del RD 286/2006 no finaliza con la adecuada definición del riesgo y la elección de los métodos de protección, sino que es necesario un adecuado seguimiento de las medidas adoptadas.
9. Lo establecido en la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un nivel de ruido de 65dB para garantizar una buena salud auditiva y bienestar general. La exposición a niveles superiores a 85dB presenta el riesgo de producir pérdida auditiva crónica. Por lo anterior es crucial la implementación de un programa técnico/organizativo para reducir la exposición al ruido dentro la planta.
10. Este estudio ha sido muy positivo para mi formación profesional. Me ha permitido aplicar conocimientos teóricos en un entorno real. En resumen, este trabajo fortaleció significativamente mis competencias en la gestión de la prevención de riesgos laborales.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

- [1] Ochoa Pérez, J. M. (2009). *Medida y control del ruido* (ed.). Barcelona: Marcombo. Recuperado de: <https://elibronet.ponton.uva.es/es/ereader/uva/45863?page=8>. Consultado en: 30 Jun 2024.
- [2] Gómez, O., & Ángel Obando, F.R. (2006). *Audiología básica*, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de medicina, 2006.
- [3] Henao Robledo, F. (2014). *Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales* (2a ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones, 2014. 284 p. Recuperado de: <https://elibro-net.ponton.uva.es/es/ereader/uva/114361?page=23>. Consultado en: 30 Jun 2024.
- [4] Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido y su guía técnica correspondiente. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/10/286/com>.
- [5] Casella España. (sf.). CEL620-Sonometro. Recuperado de: <https://www.casella-es.com>.
- [6] Brüel & Kjær. (sf.) *Modelo 4231-Calibrador sonoro*. Recuperado de: <https://www.bksv.com>.
- [7] UNE-EN IEC 60942. (2019). *Electroacústica Calibradores acústicos*.
- [8] UNE-EN ISO 9612. (2009). *Acústica Determinación de la exposición al ruido en el trabajo Método de ingeniería*.
- [9] UNE-EN ISO 4869-2. (2020). *Acústica Protectores auditivos contra el ruido Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos*.
- [10] 3M. (s.f.). *3M E-A-Rsoft 21 Earplugs: Technical Datasheet*. Recuperado de: <https://multimedia.3m.com/mws/media/2185924O/3m-e-a-rsoft-21-earplugs-technical-datasheet-spanish.pdf>.
- [11] Portwest. (2023). *Technical Data - PS48*. Recuperado de: [Portwest.com](http://Portwest.com)
- [12] *Normas protectoras auditivos*. (s.f.). Recuperado de: [www.insst.es](http://www.insst.es)
- [13] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Recuperado de: <https://www.boe.es/eli/es/l/1995/11/08/31/con>



[14] Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D.H. (1999). *Guideline for Community Noise*. World Health Organization.

[15] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSST). (2020). *Guía técnica para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con los lugares de trabajo*. Ministerio de trabajo y economía social.



## ANEXO

### ANEXO I

#### NORMAS TÉCNICAS SOBRE PROTECTORES AUDITIVOS

Normas armonizadas
UNE-EN 352-1:2003 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 1: Orejeras.
UNE-EN 352-2:2003 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 2: Tapones
UNE- EN 352-3:2003 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 3: Orejeras acopladas a cascos de protección.
UNE- EN 352-4:2001 + A1: 2006 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 4: Orejeras dependientes del nivel.
UNE- EN 352-5:2003 + A1: 2006 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 5: Orejeras con reducción activa del ruido.
UNE- EN 352-6:2003 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 6: Orejeras con entrada eléctrica de audio.
UNE- EN 352-7:2004 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 7: Tapones dependientes del nivel.
UNE- EN 352-8:2008 Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 8: Orejeras con audio de entretenimiento.
UNE- EN 13819-1:2003 Protectores auditivos. Ensayos. Parte 1: Métodos de ensayo físicos.
UNE- EN 13819-2:2003 Protectores auditivos. Ensayos. Parte 2: Métodos de ensayo acústicos.
UNE- EN 24869-1:1994 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 1: Método subjetivo de medida de la atenuación acústica.
UNE- EN ISO 4869-2:1996 + AC:2008 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos.
UNE- EN ISO 4869-3:2008 Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 3: Medición de la atenuación acústica de los protectores de tipo orejera mediante un montaje para pruebas acústicas
Normas técnicas relacionadas (no armonizadas)
UNE- EN ISO 11904-1:2003 Acústica. Determinación de la inmisión sonora de fuentes sonoras colocadas cerca del oído. Parte 1: Técnica que utiliza un micrófono en un oído real (técnica MIRE).
UNE- EN ISO 4869-4: 2000 Acústica. Protectores auditivos. Parte 4: Medición de los niveles efectivos de presión acústica de orejeras para la restitución del sonido. Nota: Esta norma tuvo carácter de armonizada hasta el 20/11/09.
UNE – EN 458:2016 Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía. (Ratificada por AENOR en abril de 2016.)

**Tabla 7.** Normas Técnicas Sobre Protectores Auditivos [12]



## ANEXO II

### CONTROL DE PROTECTORES AUDITIVOS

<b>CONTROL DE PROTECTORES AUDITIVOS</b>			
DATOS:			
EMPRESA:			
NOMBRE Y APELLIDOS:			
TAREA EJECUTADA:			
<b>RIESGOS MECÁNICOS</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Caída de objetos			
Ascenso de escalerillas y andamio			
Vías estrechas			
<b>RIESGOS ELÉCTRICOS</b>			
Contactos eléctricos			
Descargas electrostáticas			
<b>RIESGOS TÉRMICOS</b>			
Frío			
Calor			
Humedad			
Lluvia, nieve			
Proyección de metales en fusión			
<b>RIESGOS QUÍMICOS</b>			
Polvos			
Ácidos			
Bases			
Disolventes			
Aceites			
Otros (indíquese)			
<b>UTILIZACIÓN DE OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (especifíquese)</b>			



CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO	SI	NO	PRECISIONES
Ruido continuo			Nivel: ..... dB (A)  Nivel: ..... dB (A)  Nivel continuo equivalente ...dB(A)  Nivel pico ..... dB (A)
Ruido intermitente			
Ruido fluctuante			
Ruidos de impulso			
Ruido grave			
Ruido agudo			
Posibilidad de conversar a 3 m			
Posibilidad de conversar a 1 m			
PERCEPCIÓN DEL HABLA Y DE SEÑALES SONORAS	SI	NO	Nivel pico ..... dB (A)  A ser posible, índice armónico:  Lc - La ..... dB
Necesidad de percibir:			
Señales sonoras de peligro			
Órdenes o señales orales de advertencia.			
Otras informaciones acústicas			
Necesidad de comunicarse verbalmente con otras personas			
OTROS DATOS			
Duración diaria de exposición al ambiente ruidoso h.			
Nivel habitual de exposición sonora (si se sabe) $L_{EX,D}$ dB (A)			
Análisis espectral del (o de los) ruido (s): adjúntese (si se posee)			
Otros datos útiles para la definición del protector auditivo			

**Tabla 8.** control de protectores auditivos