



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de estudios postgrado

Trabajo Fin de Master

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO EN LOS PUESTOS DE TRABAJO EN UNA ALMAZARA

Alumno: Miguel A. Puerto Lucena

Tutor: Carlos Pérez de la Torre.
Área: Especialidad en Higiene industrial.

Marzo, 2021



Índice

1.	Introducción.....	3
1.1	Objeto.....	3
1.2	Alcance.	4
1.3	Antecedentes.	4
1.4	Normativa aplicable.....	4
2.	El entorno de trabajo. Almazaras de aceite de oliva.....	5
2.1	Distribución del centro de trabajo.....	5
2.2	Relación de puestos de trabajo.....	6
3.	Análisis de la exposición a ruido.....	7
3.1	Metodología empleada.....	7
3.2	Cálculo del protector auditivo.....	12
3.3	Instrumentos utilizados.	14
3.4	Análisis individual.....	16
4.	Cálculo del protector auditivo.....	28
5.	Medidas a implantar.	32
6.	Anexo I: Productos ototóxicos.	37
7.	Anexo II: Plantilla utilizada para la medición de ruido.....	38
8.	Anexo III: Otros riesgos higiénicos detectados.	39
9.	Autorización para la presentación del trabajo.....	41
10.	Bibliografía.....	43
11.	Relación de figuras.	45
12.	Relación de tablas.....	45
13.	Relación de ecuaciones.....	46



1. Introducción.

Un aspecto a tener muy en cuenta a la hora de desarrollar la prevención de riesgos laborales dentro de una empresa es la exposición al ruido que puede sufrir un trabajador. Los empleados pasan bastantes horas desarrollando sus funciones dentro de una empresa, lo que para una persona “ajena” a la zona de exposición al ruido puede ser una mera molestia transitoria, derivada de su estancia en estos lugares, para aquellos trabajadores que desempeñan sus funciones en dichas áreas puede generar, con el paso del tiempo, enfermedades como hipoacusias.

Las hipoacusias profesionales son pérdidas de audición causadas por el desarrollo de tareas en las que el oído está expuesto a ruido muy elevado y frecuente. La pérdida de audición es el segundo problema más generalizado entre los trabajadores.

La pérdida de audición es irreversible y afecta a la calidad de vida de las personas. Entre los principales problemas que puede provocar el ruido podemos destacar el estrés, la fatiga, pérdida de capacidad de reacción y comunicación y puede contribuir a la aparición de problemas circulatorios, digestivos y nerviosos.

El empleador debe adoptar una serie de medidas de prevención para evitar o minimizar los riesgos laborales. Por ello, para evitar la pérdida de audición, es aconsejable reducir el ruido en el origen. Sustituir las máquinas por otras menos ruidosas, aislarlas para alejar la fuente del ruido o realizar un buen mantenimiento de las mismas, puede contribuir a ofrecer un entorno laboral menos ruidoso.

Si esto no es posible, el empresario debe reducir el tiempo de exposición de los trabajadores al ruido y el número de los trabajadores expuestos.

Para proteger adecuadamente la salud auditiva de los trabajadores, es muy importante que estos utilicen protectores auditivos. Los tapones proporcionan mayor atenuación para ruidos de bajas frecuencias, mientras que los cascos funcionan mejor para las altas.

1.1 Objeto.

A fin de la realización del trabajo fin de master en la especialidad de higiene industrial dentro del master en prevención de riesgos laborales de la Universidad de Jaén, se ha procedido a la elaboración del siguiente documento, el cual analiza la evaluación a la exposición del ruido. Mediante esta herramienta se podrá integrar la actividad preventiva en su sistema general de gestión, estableciendo su política de prevención de riesgos laborales.

El documento correspondiente será plenamente adaptado a la actividad y el tamaño de la empresa, tomando como base las indicaciones previamente establecidas por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.



1.2 Alcance.

El presente análisis es realizado en las instalaciones de una almazara situada en el termino municipal de Bailén, Jaén. El ámbito de aplicación del siguiente análisis se limitará a sus instalaciones.

Dicha almazara fue fundada en el año 2009, fruto de la fusión de las dos principales cooperativas del municipio de Bailén, su actividad principal siempre ha sido la producción de aceite de oliva. Sin embargo, en los últimos años la empresa ha incorporado nuevas líneas de productos como mermeladas o gominolas cuyo ingrediente principal es el aceite producido.

Puesto que esta no está recogida en el Anexo I del RD 39/1997 y el tamaño de la empresa lo permite, la gestión de la prevención de riesgos laborales contará con el apoyo de un servicio de prevención ajeno en colaboración con un delegado de prevención designado por la empresa mediante los sistemas legalmente establecidos.

Por otra parte, la empresa se caracteriza por llevar una gestión responsable de la actividad preventiva, una realidad visible en cualquier visita de campo a sus instalaciones donde se pueden observar la presencia de sistemas y comportamientos pioneros en esta materia, respecto al resto de empresas del sector oleícola.

1.3 Antecedentes.

En cumplimiento del artículo 6 del Real Decreto 286/2006, en el que se especifica la necesidad de programar la evaluación y medición del ruido, cuando se sobrepasen los valores de exposición que dan lugar a una acción preventiva, será necesaria la revisión de la evaluación a la exposición al ruido en dicha empresa una vez al año, dado que los trabajadores están expuestos a niveles de ruido $L_{Aeq,d}$ superiores a 87 dB (A).

Dada la situación anteriormente descrita, en anteriores evaluaciones se ha establecido como acción preventiva el uso de protectores auditivos modelo PELTOR H4A con valor SNR = 24.

1.4 Normativa aplicable.

En relación al marco legal en el que se desarrolla el presente documento, cabe destacar la siguiente normativa la cual regula el ruido como principal riesgo, estableciendo como atenuarlo y en qué niveles es permisible para el ser humano, no constituyendo un riesgo para su salud:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- 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.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

- Norma UNE-EN ISO 9612:2009 Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.
- Nota técnica de prevención NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.
- Nota técnica de prevención NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición.
- Nota técnica de prevención NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias.
- Nota técnica de prevención NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.

2. El entorno de trabajo. Almazaras de aceite de oliva.

2.1 Distribución del centro de trabajo.

Para la elaboración del presente documento, las instalaciones de la almazara han sido divididas en diversas zonas claramente delimitadas, en las que existe una notoria presencia de ruido en las que existe un elevado nivel de transito de personas.

Además de estas zonas, las instalaciones presentan otros departamentos, los cuales no han sido objeto de estudio en el presente documento dado que se encuentran en áreas apartadas de la zona de producción y tratamiento de materia prima. Estas zonas son principalmente oficinas, salas de reunión, envasado, almacenes etc.

Las zonas de interés para este trabajo son:

- Patio de recepción: En el que los cooperativistas llegan con sus tractores remolcando la aceituna. Los operarios que desempeñan sus funciones en esta zona están expuestos a los ruidos derivados de la maquinaria encargada de recibir la aceituna para su posterior tratamiento.



Ilustración 1: Patio de recepción.

- Patio de cintas: En el se encuentran las cintas encargadas de transportar la aceituna entre las máquinas encargadas de su lavado, seleccionado (eliminando támaras entre otros), pesado etc. Cabe destacar que el patio de recepción y el de cintas se encuentran comunicados, estando ambos al aire libre por lo que parte del ruido generado por uno, afecta al otro.



Ilustración 2: Patio de cintas.

- Sala de molturación: En ella podemos encontrar la maquinaria encargada del tratamiento de la aceituna limpia para convertirla en aceite. Además, presenta dos zonas anexas, laboratorio de calidad y sala de control, las cuales a pesar de estar separadas por tabiques de obra o cierres de aluminio son también de interés para el estudio ya que en ciertos momentos pueden estar expuestas directamente al ruido generado en dicha sala.



Ilustración 3: Sala de molturación.

Esta sala en concreto, presenta un alto nivel de domotización, por lo que el operario puede pasar más tiempo en la sala de control realizando sus obligaciones laborales, sin estar tan expuesto al ruido.

Respecto a los molinos, estos están colocados estratégicamente fuera de la sala ya emiten amplias cantidades de ruido, perjudiciales para el oído humano tras una exposición prologada en el tiempo. Las termobatidoras, por el contrario, no han podido aislarse fuera de la sala dado que requieren unas condiciones de humedad y temperatura adecuados para realizar de manera óptima su trabajo.

2.2 Relación de puestos de trabajo.

En relación al conjunto de puestos de trabajo que se encuentran expuestos a un nivel elevado de ruido susceptible de estudio, podemos diferenciar entre:

- Pesador: Es la persona encargada de asistir la recepción de la aceituna, controlando el proceso de lavado para su posterior almacenamiento en las tolvas. Su trabajo se desarrolla en mayor medida desde la caseta de control existente en el patio de recepción.
- Operario de patio de recepción: Controla la entrada de la aceituna en el patio, sirviendo de soporte a los cooperativistas en la labor de descarga. Sus funciones se desarrollan en la parte exterior del patio de recepción, moviéndose por él según la necesidad.
- Operario de patio de cintas: Sus labores se desempeñan en el patio de cintas, controlando los procesos de lavado, recogida de muestras etc. Además, se encargará del mantenimiento de dicha área en relación a labores de limpieza y asistencia de maquinas, entre otras tareas.
- Operario sala de molturación: Dicho puesto se encarga de la supervisión y el control del funcionamiento de las maquinarias que dicha sala alberga como son, entre otras, molinos, tolvas de almacenamiento, termobatidoras, decantadores etc.

A pesar de que existen muchos más tipos de puestos de trabajo dentro de la empresa como administrativos, técnicos de laboratorio, calidad, directivos... no son objeto de estudio en el presente trabajo dado que, aunque puedan circular libremente por las



zonas de trabajo anteriormente identificadas, su exposición al ruido presente en estas podemos catalogarla como de carácter residual dentro de su jornada de trabajo.

3. Análisis de la exposición a ruido.

3.1 Metodología empleada.

Como introducción a este epígrafe cabe destacar que la metodología para el desarrollo de la evaluación a la exposición al ruido de un trabajador se encuentra recogida en la guía técnica, además nos basaremos en las notas técnicas de prevención, en adelante NTP, numero 950, 951 y 952, las cuales establecen que:

- En primer lugar, es necesario llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo, identificando datos generales de la empresa, organigrama, departamentos, puestos de trabajo, líneas de producción etc. En este trabajo fin de grado, dado que hemos preferido preservar la identidad de la empresa en la que se ha llevado a cabo el estudio, se obviará este punto.
- Estudio de una jornada de trabajo nominal, establecida en 7,5h en nuestro caso.
- Selección de una estrategia de medición, desarrollando el plan que la contiene, calculando y evaluando la incertidumbre y llevando a cabo un informe de conclusiones.

Según dicha NTP, existen tres estrategias, perfectamente diferenciadas, para la evaluación del nivel de exposición al ruido por un trabajador. Dichas estrategias pueden ser clasificadas en:

- Estrategia basada en la tarea: Dividiendo el trabajo realizado en una jornada laboral completa, en tareas diferentes, las cuales son medidas de manera independiente. Los datos derivados de mediciones para cada tarea deberán arrojar valores homogéneos entre ellos.

Por otra parte, se deberá tener un amplio conocimiento de las condiciones de trabajo, tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que estén incluidos en las tareas, previamente definidas.

Además, la elección de esta tarea ofrece como principal ventaja la de que los tiempos de

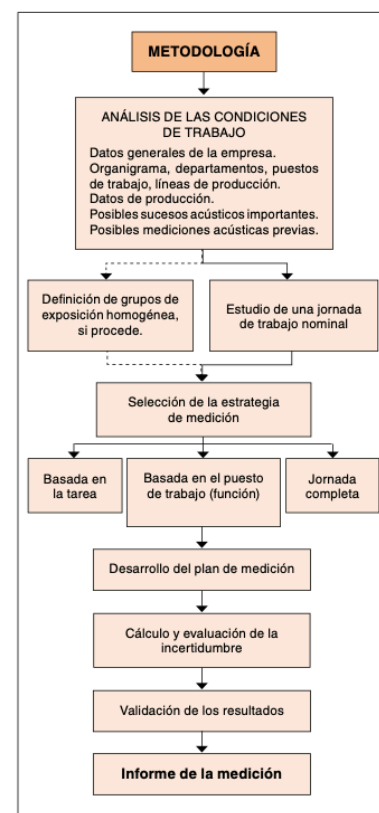


Ilustración 4: Metodología de actuación para la medición del ruido. FUENTE: NTP 951.



medición son relativamente cortos, requiriendo un menor esfuerzo de medición respecto a las otras dos estrategias.

- Estrategia basada en el puesto de trabajo: Se llevará a cabo la medición sobre los trabajadores, los cuales realizan diferentes tareas, realizándose la medición de estas en su conjunto. Es recomendada en situaciones en las que es difícil establecer un patrón de trabajo o es complicado dividir la jornada laboral en tareas.

Consiste en realizar mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes. Sin embargo, la Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el uso de esta estrategia cuando el trabajo consta de un numero pequeño de tareas muy ruidosas.

- Estrategia de jornada completa: La medición se llevará a cabo a lo largo de toda la jornada completa incluyendo tanto periodos de exposiciones a elevados niveles de ruido como los periodos de menor nivel o también denominados “silenciosos”. Esta estrategia resulta útil cuando no es sencillo establecer un patrón de trabajo. Su uso implica un mayor esfuerzo en el tiempo de medición o recogida de datos. Está recomendada en situaciones o puestos en los que la exposición al ruido se desconoce (en mayor o menor grado) o bien esta es impredecible o extremadamente compleja. Para su desarrollo es recomendable la utilización de un dosímetro.

Como principal inconveniente, existe la posibilidad de registrar contribuciones de ruido falsas (impactos en el micrófono o interferencias deliberadas) por lo que es conveniente observar al trabajador durante la realización de su trabajo.

En base a esta metodología y a la establecida 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 emplearemos la estrategia **basada en la tarea**.

La jornada de trabajo nominal estudiada será dividida en tareas concretas, de forma que, durante la realización de cada una de ellas, el trabajador tendrá una exposición al ruido similar (se obtendrán $L_{Aeq,T}$ homogéneos). A la hora de llevar a cabo la medición de los niveles de presión acústica en cada una de las tareas, con el objetivo de reducir la incertidumbre asociada, habrá que tener en cuenta que:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Si la tarea dura mas de 5 minutos, la medición durará al menos 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medición debe cubrir al menos 3 ciclos. Además, si la duración de los 3 ciclos es menor a cinco minutos, cada medida debe durar, al menos 5 minutos.



Por otra parte, debe realizarse un mínimo de 3 mediciones donde, si entre ellas los valores obtenidos difieren en 3 dB o más, se deberá:

- Realizar al menos 3 mediciones más.
- Analizar la tarea a estudiar, pudiendo ser esta dividida en subtareas.
- Estudiar si las mediciones se han llevado a cabo con los tiempos determinados, pudiendo ser necesario la ampliación de estos.

En primer lugar, una vez realizadas las mediciones pertinentes, será necesario obtener el valor medio del nivel de presión acústica para cada tarea, con el objetivo de poder calcular en el siguiente paso el nivel de exposición diario equivalente, para ello se empleará la siguiente expresión:

Ecuación 1: Nivel medio de presión acústica para un conjunto de muestras.

$$\bar{L}_{Aeq,T,n} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,n}} \right]$$

Donde $L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente de cada una de las muestras tomadas en el examen y N es el número total de mediciones efectuadas.

Para el cálculo del nivel de exposición diario equivalente ponderado a la jornada laboral del trabajador ($L_{Aeq,d}$) se empleará la siguiente expresión:

Ecuación 2: Nivel de exposición diario equivalente ponderado a una jornada laboral de duración N_T .

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_{Aeq,T,n}}$$

Donde N_T representa el número total de horas de la jornada laboral del trabajador, T_n es el tiempo de exposición a cada tarea (h/día) y $\bar{L}_{Aeq,T}$ es el nivel de presión acústica ponderado para cada tarea.

Por otro lado, para el **cálculo de la incertidumbre**, en primer lugar, será necesario definir la incertidumbre expandida (U), la cual se obtiene a partir del valor de incertidumbre estándar (u) mediante la siguiente formula, donde K es el factor de cobertura asumido el cual es función del nivel de confianza asumido.

Ecuación 3: Cálculo de la incertidumbre expandida U.

$$U = k \cdot u$$

En este punto, escogeremos un intervalo de confianza bilateral simétrico el cual ofrecerá valores $L_{Aeq,d} \pm U$. En cada caso, el valor del factor de cobertura, k variará adoptando los valores de la siguiente tabla para una distribución logarítmica normal, como es la que se asume para los valores de exposición al ruido:



Tabla 1: Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo.

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95,45	2	-
97,5	-	1,96

No obstante, previamente será necesario calcular el valor de incertidumbre estándar u , como la raíz cuadrada de la incertidumbre combinada u^2 . Esta última se obtiene mediante la siguiente expresión:

Ecuación 4: Cálculo de la incertidumbre combinada.

$$u^2 = \left(\sum_{n=1}^N \left[C_{1a,n}^2 \cdot (U_{1a,n}^2 + U_{2,n}^2 + U_3^2) + (C_{1b,n} \cdot U_{1b,n})^2 \right] \right)$$

Podemos ver que la incertidumbre combinada viene determinada por una serie de variables o coeficientes, las cuales se obtienen de la siguiente forma:

Por un lado, podemos calcular los coeficientes de sensibilidad (C_{1a} y C_{1b}) para cada tarea mediante las siguientes formulas, establecidas en la norma UNE-EN ISO 9612:2009:

Ecuación 5: Coeficiente de sensibilidad C_{1a} .

$$C_{1a,n} = \frac{T_n}{T_o} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{AeqT,n} - L_{Aeq,d})}$$

Ecuación 6: Coeficiente de sensibilidad C_{1b} .

$$C_{1b,n} = 4,34 \cdot \frac{C_{1a,n}}{T_n}$$

Donde T_n es el tiempo de exposición a cada tarea (h/día), T_o es el tiempo total de la jornada laboral, $L_{AeqT,n}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente de cada una de las muestras tomadas en el examen y $L_{Aeq,d}$ es el nivel de exposición diario equivalente.

Una vez obtenidos los coeficientes, habrá que obtener los valores de incertidumbre estándar (U_{1a} y U_{1b}) para cada tarea, mediante las siguientes formulas:

Ecuación 7: Incertidumbre estándar U_{1a} .

$$U_{1a,n} = \sqrt{\frac{1}{I \cdot (I - 1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,ni} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2 \right]}$$



Siendo I el numero total de mediciones de la tarea, $L_{Aeq,T,ni}$ el nivel de presión acústica de cada tarea en la muestra i y $\bar{L}_{Aeq,T,n}$ el valor medio del nivel de presión acústica de la tarea n .

Ecuación 8: Incertidumbre estándar U_{1b} .

$$U_{1b,n} = \sqrt{\frac{1}{J \cdot (J - 1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{n,j} - T_n)^2 \right]}$$

Siendo J el numero total de observaciones de la duración de la tarea, $T_{n,j}$ el tiempo de duración de la medida de ruido en la muestra j de la tarea n y T_n es la duración de la tarea n .

Una vez obtenidos los datos de nivel de exposición diario equivalente y la incertidumbre, determinaremos en función de los valores limites de exposición establecidos en el articulo 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, si son valores tolerables y, en caso contrario, las medidas de prevención necesarias a tomar para atenuar sus efectos sobre las personas.

- a) En casos donde $L_{Aeq,d} > 80$ dB (A) y/o $L_{pico} > 135$ dB (C) habrá que tener en cuenta las siguientes medidas de prevención:
- Evaluaciones higiénicas cada tres años.
 - Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
 - Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada cinco años.
 - Suministración de la protección auditiva por parte de la empresa bajo petición del empleado.
 - Uso de la protección auditiva voluntaria.
- b) En casos donde $L_{Aeq,d} > 85$ dB (A) y/o $L_{pico} > 137$ dB (C) habrá que tener en cuenta las siguientes medidas de prevención:
- Evaluaciones higiénicas cada año.
 - Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
 - Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada tres años.
 - Obligación por parte de la empresa de suministrar la protección auditiva adecuada a los trabajadores.
 - Obligación por parte de los empleados del uso de la protección auditiva.
 - Adecuada señalización de las zonas de exposición a un nivel de ruido perjudicial.
 - Existencia de un programa técnico de control.



- c) En supuestos donde, aún con el uso de los protectores auditivos, se supere el valor límite $L_{Aeq,d} > 87$ dB (A) y/o $L_{pico} > 140$ dB (C) deberán implantarse las medidas definidas en el anterior caso, además el empleador, con **carácter inmediato**, tendrá la obligación de:
- Tomar medidas de forma inmediatas para reducir la exposición mediante medidas como la reducción los tiempos de trabajo en dichas zonas, encapsulando maquinaria, aislamiento de maquinaria limitando el acceso a dicha zona etc.
 - Determinar las razones de la sobreexposición corrigiéndolas a fin de evitar que vuelvan a producirse.
 - Informar a los delegados de prevención de las circunstancias.

3.2 Cálculo del protector auditivo.

Una vez calculado el nivel de exposición diario equivalente junto con la incertidumbre en función de los valores límites establecidos por la norma, será necesario definir el protector auditivo para aquellos casos en los que se superen dichos límites, necesitando atenuar el nivel de ruido al que está expuesto el trabajador.

El objetivo de este epígrafe, será el cálculo de la reducción predicha del nivel de ruido (PNR) que definirá el nivel de protección que ofrece un protector auditivo determinado. Dicho valor se obtiene de la ecuación:

Ecuación 9: Coeficiente de reducción del nivel de ruido.

$$PNR = L_A - L'_A$$

L_A es el nivel de presión sonora cuando se utiliza el protector auditivo a evaluar en su ambiente.

L'_A es el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A.

Para todo esto, el instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo (INSHT) definió en el año 2003, a través de la NTP 638, tres métodos para el cálculo referido anteriormente, mediante tres métodos a escoger:

- **Método de las bandas de octava:** Es el método mas fiable, para su desarrollo es necesario conocer los niveles de presión sonora en dicha banda.

El método comienza con la determinación del espectro de frecuencias en bandas de octava del ruido en cuestión. Además, serán necesarios los datos de atenuación del protector en dicha banda, ofrecidos por el fabricante del protector.

Posteriormente, se procederá al cálculo de la protección asumida (APV_f) del protector, por banda octava, resultado de la resta del valor medio de atenuación por banda octava (m_f) en los diferentes ensayos en laboratorio y la desviación típica (σ) obtenida en dichos ensayos.



Ecuación 10: Protección asumida del protector.

$$APV_f = m_f - \sigma$$

Tras finalizar el cálculo, se realizará el del valor de nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A) mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 11: Nivel de presión sonora efectivo ponderado A.

$$L'_A = 10 \cdot \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{f=8000 \text{ Hz}} 10^{0,1 \cdot L_f}$$

- **Método de HML:** Este método requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores H, M y L del protector auditivo (dados por el fabricante).

Se calculará el valor de PNR mediante dos expresiones en función de la diferencia de los valores ponderados anteriormente referidos.

Ecuación 12: Coeficiente de reducción del nivel de ruido para el método HML en función del resultado de la diferencia de los valores de presión acústica ponderados A y C.

$$\text{Si } L_C - L_A \leq 2 \text{ dB} \rightarrow PNR = M - \frac{H-M}{4} (L_C - L_A - 2)$$

$$\text{Si } L_C - L_A \geq 2 \text{ dB} \rightarrow PNR = M - \frac{M-L}{8} (L_C - L_A - 2)$$

De esta forma, teniendo el valor PNR y L_C mediante la ecuación inicial podremos despejar el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A).

- **Método SNR:** Para el cálculo mediante el siguiente método se necesitará conocer el nivel de presión sonora ponderado C y el parámetro SNR del protector auditivo. De esta forma:

Ecuación 13: Atenuación del nivel de ruido mediante el método SNR

$$L'_A = L_C - SNR$$

Además, basándonos en la norma UNE-EN 458:2016, podemos clasificar la atenuación ofrecida por un protector auditivo según el valor obtenido del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A) en:



NIVEL SONORO EN EL OÍDO (L'_A)	ESTIMACIÓN DE LA PROTECCIÓN
> 80 dB(A)	INSUFICIENTE
Entre 75 y 80 dB(A)	ACEPTABLE
Entre 70 y 75 dB(A)	SATISFACTORIO
Entre 65 y 70 dB(A)	ACEPTABLE
< 65 dB(A)	EXCESIVA (sobrepotección)

Ilustración 5: Clasificación de EPI's Auditivos. FUENTE:
Norma UNE-EN 458:2016.

Independientemente del método utilizado, habrá que tener en cuenta que el protector se use de manera correcta durante todo el tiempo de exposición, se recomienda reducir la atenuación del protector en 4 dB por factores limitadores que aparecen en la práctica.

3.3 Instrumentos utilizados.

El sonómetro es una herramienta utilizada para obtener el nivel de presión sonora, evaluando el nivel de ruido de una zona en un momento determinado. Este instrumento utiliza como unidad de medida el decibelio (dB).

Como curiosidad, cabe destacar que la normativa que deben seguir los fabricantes de este tipo de instrumentos según la CEI (comisión electrotécnica internacional) es la CEI 60651 y la CEI 60804, con el objetivo de que todos los instrumentos obtengan el mismo valor de nivel de ruido en una zona e instante determinado.

Esta normativa, determina las clases de sonómetros existentes estableciendo por un lado los sonómetros generales, los cuales muestran los niveles de presión sonora instantáneos y los sonómetros integradores-promediadores, los cuales son capaces de calcular el nivel continuo de ruido equivalente (L_{eq}) pudiendo transferir dichos datos al ordenador, calcular los percentiles etc.

Además, existe otro tipo de clasificación en función de la precisión que ofrece el sonómetro. Esta clasificación establece cuatro niveles:

- Sonómetros clase 0: Usado en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetros clase 1: Usado para obtener medidas de precisión en el trabajo de campo.
- Sonómetros clase 2: Usado para la toma de medidas generales en trabajos de campo.
- Sonómetros clase 3: Empleado en exámenes previos para obtener medidas aproximadas, dada su baja precisión.



Para llevar a cabo el análisis de la exposición al nivel de ruido en cada una de las áreas delimitadas en este documento, será necesario iniciar el procedimiento con una toma de muestras en cada una de las zonas a estudiar.

Para la realización de dicha toma de muestras, se ha empleado un sonómetro de clase 1, similar al de la foto anexa, el cual ha sido previamente graduado con un calibrador acústico.



Ilustración 6:
Sonómetro Clase 1.

Dicho instrumento nos ha proporcionado los datos con los que realizar el estudio, valoración y propuesta de nuevas medidas de prevención (si las hay).

La toma de medidas deberá realizarse atendiendo a un correcto uso de aparato. En primer lugar, será necesario que dicho elemento se encuentre ajustado a las prescripciones establecidas por la norma CEI-651 así como a la orden ITC/2845/2007 de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico para los instrumentos de clase 1.

La medición se efectuará de forma que esta esté ponderada a la frecuencia A, procurando que el micrófono apunte a la zona donde se obtenga una mayor lectura, si el trabajador se encuentra en posición estática realizando la tarea, el micrófono seguirá la dirección de la vista del mismo. Por otra parte, será necesaria una colocación adecuada del mismo empleando un trípode a fin de evitar que nuestro cuerpo o los movimientos afecten al campo sonoro.

Además, habrá que tener en cuenta el numero de mediciones a realizar cuando se lleva a cabo un proceso de muestreo con este tipo de instrumentos. Al amparo de la NTP 270 que establece el procedimiento para la determinación de niveles representativos en la evaluación de la exposición al ruido, de tal forma que:

- Cuando el ruido sea de carácter estable durante un periodo de tiempo determinado será necesario tomar al menos 5 muestras de una duración mínima de 15 segundos cada una. No obstante, si el instrumento utilizado es un sonómetro integrador-promediador se deberá efectuar un mínimo de 3 mediciones.
- Cuando el ruido sea de carácter periódico (su nivel fluctúa dentro de un tiempo determinado) cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Podrá limitarse el numero de mediciones a 3 cuando la diferencia entre el valor máximo y mínimo del nivel equivalente L_{Aeq} sea igual o menor a 2 dB. Por el contrario, si se difiere en mas de 2 dB se realizarán un mínimo de 5 mediciones.

Cabe destacar que para dicho proceso también podría haberse usado un dosímetro acústico. Dicho instrumento se coloca en el trabajador con el objetivo de medir los niveles de ruido a los que esta expuesto durante toda su jornada laboral, con independencia de la tarea que realiza o en la zona en la que se encuentra. El instrumento recoge durante una jornada la “dosis” de ruido a la que esta expuesto el trabajador, no obstante, dadas las condiciones de la visita de campo se ha preferido usar el sonómetro.



3.4 Análisis individual.

En este punto, llevaremos a cabo el análisis de los datos de ruido obtenidos para cada uno de los puestos de trabajo, según las zonas en las que desempeñan su actividad laboral.

Tendremos en cuenta para cada tarea, el tiempo de exposición al que el trabajador es sometido, respecto a su jornada laboral. Para cada tarea se tomarán tres muestras del nivel de presión acústica $L_{Aeq,T}$ que irán vinculadas a un valor pico L_{pico} .

PUESTO 1 – PESADOR

Tabla 2: Datos recogidos para el puesto de PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.

PESADOR				
TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	dbc	L_{pico}
Control pesado aceituna	6,5	77,5		98,7
		77,7		100,3
		77,9		101,4
Uso de sopladora	1	98,4	99,6	114,4
		97,9		113,8
		98,2		113,9

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita, obtendremos los siguientes resultados:

$$\bar{L}_{Aeq,T,n} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,n}} \right]$$

$$\bar{L}_{Aeq,T,Controlpesadoaceituna} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 77,5} + 10^{0,1 \cdot 77,7} + 10^{0,1 \cdot 77,9}) \right] = 77,7 \text{ dB(A)}$$

$$\bar{L}_{Aeq,T,usodesopladora} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 98,4} + 10^{0,1 \cdot 97,9} + 10^{0,1 \cdot 98,2}) \right] = 98,1 \text{ dB(A)}$$

Por lo que:

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_{Aeq,T,n}}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{450} (390 \cdot 10^{0,1 \cdot 77,7} + 60 \cdot 10^{0,1 \cdot 98,1}) = 89,4 \text{ dB (A)}$$

En relación al cálculo de la incertidumbre, comenzaremos realizando el cálculo de cada coeficiente para cada tarea, ya que la obtención del resultado final depende directamente de dichos coeficientes:



$$U = k \cdot u$$

$$\text{donde } u = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^N \left[C_{1a,n}^2 \cdot (U_{1a,n}^2 + U_{2,n}^2 + U_{3,n}^2) + (C_{1b,n} \cdot U_{1b,n})^2 \right] \right)}$$

$$C_{1a,n} = \frac{T_n}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{AeqT,n} - L_{Aeq,d})}$$

$$C_{1a,Controlpesadoaceituna} = \frac{6,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (77,7 - 89,4)} = 0,06$$

$$C_{1a,usodesopladora} = \frac{1}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (98,1 - 89,4)} = 0,94$$

$$C_{1b,n} = 4,34 \cdot \frac{C_{1a,n}}{T_n}$$

$$C_{1b,Controlpesadoaceituna} = 4,34 \cdot \frac{0,06}{6,5} = 0,04$$

$$C_{1b,usodesopladora} = 4,34 \cdot \frac{0,94}{1} = 4,1$$

$$U_{1a,n} = \sqrt{\frac{1}{I \cdot (I - 1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,ni} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2 \right]}$$

$$U_{1a,Controlpesadoaceituna} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3-1)} [(77,5 - 77,7)^2 + (77,7 - 77,7)^2 + (77,9 - 77,7)^2]} = 0,12$$

$$U_{1a,usodesopladora} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3-1)} [(98,4 - 98,1)^2 + (97,9 - 98,1)^2 + (98,2 - 98,1)^2]} = 0,15$$

$$U_{1b,n} = \sqrt{\frac{1}{J \cdot (J - 1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{n,j} - T_n)^2 \right]} = 0$$

Teniendo en cuenta el instrumento de medida, el tiempo de duración de medida de la muestra no es representativo, por lo que este coeficiente es cero en ambos casos.



Tabla 3: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.

Coeficiente	Control de pesado aceituna (dB)	Uso de sopladora (dB)
U _{1a,n}	0,12	0,15
C _{1a,n}	0,06	0,94
U _{1b,n}	0,00	0,00
C _{1b,n}	0,04	4,10

Basándonos en la NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición al ruido (I): Incertidumbre de la medición, el valor de la incertidumbre combinada estándar debida al instrumento de medida empleado, u_2 , será de 0,7.

En relación al valor de incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono u_3 , asumiremos este valor como 1,0 dB basándonos en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la cual asume dicho valor.

Con estos coeficientes, calcularemos el valor de la incertidumbre combinada aplicando la siguiente formula:

$$u^2 = C_{1a,controlpesadoaceituna}^2 \cdot (U_{1a,controlpesadoaceituna}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + (C_{1b,controlpesadoaceituna} \cdot U_{1b,controlpesadoaceituna})^2 + C_{1a,usodesopladora}^2 \cdot (U_{1a,usodesopladora}^2 + U_{2,2}^2 + U_3^2) + (C_{1b,usodesopladora} \cdot U_{1b,usodesopladora})^2 = 1,32$$

$$u = 1,14$$

Teniendo en cuenta que $K = 1,645$ asumiendo un intervalo de confianza del 90%:

$$U = k \cdot u = 1,645 \cdot 1,14 = 1,9 \text{ dB}$$

Tabla 4: Resultados puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.

Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	89,4 dB(A)
Incertidumbre expandida U	1,9 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	91,3 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	87,5 dB(A)

Dado que el valor $L_{Aeq,d} + U$ está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), será necesaria la utilización de una protección auditiva adecuada, además de otras medidas necesarias (véase punto 5: medidas a implantar).

A tenor de esta limitación será necesario el correcto dimensionado del protector auditivo, (véase punto 4: cálculo del protector auditivo) de tal forma que se garantice una atenuación optima, reduciendo el riesgo sobre el trabajador.



PUESTO 2 – OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN

Tabla 5: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN				
TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	dBC	L_{PICO}
Descarga de aceituna	7,5	83,9	90,5	110,2
		82,3		112,9
		83,8		113,0

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita, obtendremos los siguientes resultados:

$$\bar{L}_{Aeq,T,n} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,n}} \right]$$

$$\bar{L}_{Aeq,T,descargaaceituna} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 83,9} + 10^{0,1 \cdot 82,3} + 10^{0,1 \cdot 83,8}) \right] = 83,4 \text{ dB(A)}$$

Por lo que:

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_{Aeq,T,n}}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{450} (450 \cdot 10^{0,1 \cdot 83,4}) = 83,1 \text{ dB (A)}$$

En relación al cálculo de la incertidumbre, comenzaremos realizando el cálculo de cada coeficiente para cada tarea, ya que la obtención del resultado final depende directamente de dichos coeficientes:

$$U = k \cdot u$$

$$\text{donde } u = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^N \left[C_{1a,n}^2 \cdot (U_{1a,n}^2 + U_{2,n}^2 + U_3^2) + (C_{1b,n} \cdot U_{1b,n})^2 \right] \right)}$$

$$C_{1a,n} = \frac{T_n}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,T,n} - L_{Aeq,d})}$$

$$C_{1a,descargaaceituna} = \frac{7,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (83,4 - 83,1)} = 1$$

$$C_{1b,n} = 4,34 \cdot \frac{C_{1a,n}}{T_n}$$



$$C_{1b,descargaaceituna} = 4,34 \cdot \frac{0,52}{7,5} = 0,58$$

$$U_{1a,n} = \sqrt{\frac{1}{I \cdot (I - 1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,ni} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2 \right]}$$

$$U_{1a,descargaaceituna} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(83,9 - 83,4)^2 + (82,3 - 83,4)^2 + (83,8 - 83,4)^2]} \\ = 0,52$$

$$U_{1b,n} = \sqrt{\frac{1}{J \cdot (J - 1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{n,j} - T_n)^2 \right]} = 0$$

Teniendo en cuenta el instrumento de medida, el tiempo de duración de la medida de la muestra no es representativo, este coeficiente es cero.

Tabla 6: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO RECEPCIÓN.
FUENTE: Elaboración propia.

Coeficiente	Descarga de aceituna (dB)
$U_{1a,n}$	0,52
$C_{1a,n}$	1,00
$U_{1b,n}$	0,00
$C_{1b,n}$	0,58
$C_{1a,n} \cdot U_{1a,n}$	0,52

Basándonos en la NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición al ruido (I): Incertidumbre de la medición, el valor de la incertidumbre combinada estándar debida al instrumento de medida empleado, u_2 , será de 0,7.

En relación al valor de incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono u_3 , asumiremos este valor como 1,0 dB basándonos en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la cual asume dicho valor.

Con estos coeficientes, calcularemos el valor de la incertidumbre combinada aplicando la siguiente formula:

$$u^2 = C_{1a,descargaaceituna}^2 \cdot (U_{1a,descargaaceituna}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) \\ + (C_{1b,descargaaceituna} \cdot U_{1b,descargaaceituna})^2 = 1,78$$



$$u = 1,33$$

Teniendo en cuenta que $K = 1,645$ asumiendo un intervalo de confianza del 90%:

$$U = k \cdot u = 1,645 \cdot 1,33 = 2,2 \text{ dB}$$

Tabla 7: Resultados para puesto OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	83,1 dB(A)
Incertidumbre expandida U	2,2 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	85,3 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	80,9 dB(A)

Dado que el valor $L_{Aeq,d} + U$ está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), será necesaria la utilización de una protección auditiva adecuada, además de otras medidas (véase punto 5: medidas a implantar).

A tenor de esta limitación será necesario el correcto dimensionado del protector auditivo, (véase punto 4: cálculo del protector auditivo) de tal forma que se garantice una atenuación óptima, reduciendo el riesgo sobre el trabajador.

PUESTO 3 – OPERARIO DE PATIO DE CINTAS

Tabla 8: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO PATIO DE CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.

OPERARIO PATIO DE CINTAS				
TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq,T}$	dB	L_{PICO}
Patio cintas	7,5	87,2	95,3	107,4
		86,6		107,8
		86,8		108,1

Teniendo en cuenta la metodología anteriormente descrita, obtendremos los siguientes resultados:

$$\bar{L}_{Aeq,T,n} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T,n}} \right]$$

$$\bar{L}_{Aeq,T,patiodecintas} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 87,2} + 10^{0,1 \cdot 86,6} + 10^{0,1 \cdot 86,8}) \right] = 86,9 \text{ dB(A)}$$

Por lo que:



$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_{Aeq,T,n}}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \cdot \log \frac{1}{450} (450 \cdot 10^{0,1 \cdot 86,9}) = 86,6 \text{ dB (A)}$$

En relación al cálculo de la incertidumbre, comenzaremos realizando el cálculo de cada coeficiente para cada tarea, ya que la obtención del resultado final depende directamente de dichos coeficientes:

$$U = k \cdot u$$

$$\text{donde } u = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^N \left[C_{1a,n}^2 \cdot (U_{1a,n}^2 + U_{2,n}^2 + U_3^2) + (C_{1b,n} \cdot U_{1b,n})^2 \right] \right)}$$

$$C_{1a,n} = \frac{T_n}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,T,n} - L_{Aeq,d})}$$

$$C_{1a,patiodecintas} = \frac{7,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (86,9 - 86,6)} = 1,00$$

$$C_{1b,n} = 4,34 \cdot \frac{C_{1a,n}}{T_n}$$

$$C_{1b,patiodecintas} = 4,34 \cdot \frac{1}{7,5} = 0,58$$

$$U_{1a,n} = \sqrt{\frac{1}{I \cdot (I - 1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,ni} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2 \right]}$$

$$U_{1a,patiodecintas} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(87,2 - 86,9)^2 + (86,6 - 86,9)^2 + (86,8 - 86,9)^2]} \\ = 0,18$$

$$U_{1b,n} = \sqrt{\frac{1}{J \cdot (J - 1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{n,j} - T_n)^2 \right]} = 0$$

Teniendo en cuenta el instrumento de medida, el tiempo de duración de la medida de la muestra no es representativo, este coeficiente es cero.



Tabla 9: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.

Coeficiente	Descarga de aceituna (dB)
$u_{1a,n}$	0,18
$C_{1a,n}$	1,00
$u_{1b,n}$	0,00
$C_{1b,n}$	0,58

Basándonos en la NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición al ruido (I): Incertidumbre de la medición, el valor de la incertidumbre combinada estándar debida al instrumento de medida empleado, u_2 , será de 0,7.

En relación al valor de incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono u_3 , asumiremos este valor como 1,0 dB basándonos en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la cual asume dicho valor.

Con estos coeficientes, calcularemos el valor de la incertidumbre combinada aplicando la siguiente formula:

$$u^2 = C_{1a,patiodecintas}^2 \cdot (U_{1a,patiodecintas}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + (C_{1b,patiodecintas} \cdot U_{1b,patiodecintas})^2 = 1,47$$

$$u = 1,21$$

Teniendo en cuenta que $K = 1,645$ asumiendo un intervalo de confianza del 90%:

$$U = k \cdot u = 1,645 \cdot 1,21 = 2,0 \text{ dB}$$

Tabla 10: Resultados para puesto OPERARIO DE PATIO PATIO DE CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.

Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq, d}$	86,6 dB(A)
Incertidumbre expandida U	2,0 dB
Valor superior $L_{Aeq, d} + U$	88,6 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq, d} - U$	84,6 dB(A)

Dado que el valor $L_{Aeq, d} + U$ está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), será necesaria la utilización de una protección auditiva adecuada, además de otras medidas (véase punto 5: medidas a implantar).

A tenor de esta limitación será necesario el correcto dimensionado del protector auditivo, (véase punto 4: cálculo del protector auditivo) de tal forma que se garantice una atenuación optima, reduciendo el riesgo sobre el trabajador.



PUESTO 4 – OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN

Tabla 11: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN				
TAREAS	TIEMPO EXP. (h/día)	$L_{Aeq, T}$	dBC	L_{PICO}
Molinos	2	87,1	90,3	104,4
		86,9		105,7
		86,9		105,3
Sala de molturación	2,5	87,1	92,1	108,1
		87,6		107,7
		87,4		106,3
Sala ordenador	1,5	63,2		84,3
		64,1		84,7
		63,8		85,1
Laboratorio	1,5	57,7		83,6
		58,3		84,1
		58,1		79,8

Con estos datos obtendremos los siguientes resultados:

$$\bar{L}_{Aeq, T, n} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \cdot L_{Aeq, T, n}} \right]$$

$$\bar{L}_{Aeq, T, molinos} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 87,1} + 10^{0,1 \cdot 86,9} + 10^{0,1 \cdot 86,9}) \right] = 86,9 \text{ dB(A)}$$

$$\bar{L}_{Aeq, T, salademolturación} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 87,1} + 10^{0,1 \cdot 87,6} + 10^{0,1 \cdot 87,4}) \right] = 87,4 \text{ dB(A)}$$

$$\bar{L}_{Aeq, T, salaordenador} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 63,2} + 10^{0,1 \cdot 64,1} + 10^{0,1 \cdot 63,8}) \right] = 63,7 \text{ dB(A)}$$

$$\bar{L}_{Aeq, T, laboratorio} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{3} (10^{0,1 \cdot 57,7} + 10^{0,1 \cdot 58,3} + 10^{0,1 \cdot 58,1}) \right] = 58,04 \text{ dB(A)}$$

Por lo que:

$$L_{Aeq, d} = 10 \cdot \log \frac{1}{N_T} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 \cdot \bar{L}_{Aeq, T, n}}$$

$$L_{Aeq, d} = 10 \cdot \log \frac{1}{450} (120 \cdot 10^{0,1 \cdot 86,9} + 150 \cdot 10^{0,1 \cdot 87,4} + 90 \cdot 10^{0,1 \cdot 63,7} + 90 \cdot 10^{0,1 \cdot 58,04})$$

$$= 84,7 \text{ dB (A)}$$



En relación al cálculo de la incertidumbre, comenzaremos realizando el cálculo de cada coeficiente para cada tarea, ya que la obtención del resultado final depende directamente de dichos coeficientes:

$$U = k \cdot u$$

$$\text{donde } u = \sqrt{\left(\sum_{n=1}^N \left[C_{1a,n}^2 \cdot (U_{1a,n}^2 + U_{2,n}^2 + U_{3,n}^2) + (C_{1b,n} \cdot U_{1b,n})^2 \right] \right)}$$

$$C_{1a,n} = \frac{T_n}{T_0} \cdot 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,T,n} - L_{Aeq,d})}$$

$$C_{1a,molinos} = \frac{2}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (86,9 - 84,7)} = 0,42$$

$$C_{1a,salademolturación} = \frac{2,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (87,4 - 84,7)} = 0,58$$

$$C_{1a,salaordenador} = \frac{1,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (63,7 - 84,7)} = 0,00$$

$$C_{1a,laboratorio} = \frac{1,5}{7,5} \cdot 10^{0,1 \cdot (58,04 - 84,7)} = 0,00$$

$$C_{1b,n} = 4,34 \cdot \frac{C_{1a,n}}{T_n}$$

$$C_{1b,molinos} = 4,34 \cdot \frac{0,42}{2} = 0,91$$

$$C_{1b,salademolturación} = 4,34 \cdot \frac{0,58}{2,5} = 1,00$$

$$C_{1b,salaordenador} = 4,34 \cdot \frac{0}{2} = 0,00$$

$$C_{1b,laboratorio} = 4,34 \cdot \frac{0}{2} = 0,00$$

$$U_{1a,n} = \sqrt{\frac{1}{I \cdot (I - 1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,ni} - \bar{L}_{Aeq,T,n})^2 \right]}$$

$$U_{1a,molinos} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(87,1 - 86,9)^2 + (86,9 - 86,9)^2 + (86,9 - 86,9)^2]} = 0,07$$



$$U_{1a,salademolturación} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(87,1 - 87,4)^2 + (87,6 - 87,4)^2 + (87,4 - 87,4)^2]} \\ = 0,15$$

$$U_{1a,salaordenador} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(63,2 - 63,7)^2 + (64,1 - 63,7)^2 + (63,8 - 63,7)^2]} \\ = 0,26$$

$$U_{1a,laboratorio} = \sqrt{\frac{1}{3 \cdot (3 - 1)} [(57,7 - 58,04)^2 + (58,3 - 58,04)^2 + (58,1 - 58,04)^2]} \\ = 0,18$$

$$U_{1b,n} = \sqrt{\frac{1}{J \cdot (J - 1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{n,j} - T_n)^2 \right]} = 0$$

Tabla 12: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO CINTAS.
FUENTE: Elaboración propia.

Coeficiente	Molinos (dB)	Sala de molturación (dB)	Sala ordenador (dB)	Laboratorio (dB)
$u_{1a,n}$	0,07	0,15	0,26	0,18
$c_{1a,n}$	0,42	0,58	0,00	0,00
$u_{1b,n}$	0,00	0,00	0,00	0,00
$c_{1b,n}$	0,91	1,00	0,00	0,00

Basándonos en la NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición al ruido (I): Incertidumbre de la medición, el valor de la incertidumbre combinada estándar debida al instrumento de medida empleado, u_2 , será de 0,7.

En relación al valor de incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono u_3 , asumiremos este valor como 1,0 dB basándonos en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la cual asume dicho valor.

Con estos coeficientes, calcularemos el valor de la incertidumbre combinada aplicando la siguiente formula:



$$u^2 = C_{1a,molinos}^2 \cdot (U_{1a,molinos}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + (C_{1b,molinos} \cdot U_{1b,molinos})^2 + \\ C_{1a,salademolturación}^2 \cdot (U_{1a,salademolturación}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + (C_{1b,salademolturación} \cdot \\ U_{1b,salademolturación})^2 + C_{1a,salaordenador}^2 \cdot (U_{1a,salaordenador}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + \\ (C_{1b,salaordenador} \cdot U_{1b,salaordenador})^2 + C_{1a,laboratorio}^2 \cdot (U_{1a,laboratorio}^2 + U_{2,1}^2 + U_3^2) + \\ (C_{1b,laboratorio} \cdot U_{1b,laboratorio})^2 = 0,72$$

$$u = 0,84$$

Teniendo en cuenta que $K = 1,645$ asumiendo un intervalo de confianza del 90%:

$$U = k \cdot u = 1,645 \cdot 0,84 = 1,4 \text{ dB}$$

Tabla 13: Resultados para puesto OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq, d}$	84,7 dB(A)
Incertidumbre expandida U	1,4 dB
Valor superior $L_{Aeq, d} + U$	86,1 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq, d} - U$	83,3 dB(A)

Dado que el valor $L_{Aeq, d} + U$ está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), será necesaria la utilización de una protección auditiva adecuada, además de otras medidas (véase punto 5: medidas a implantar).

A tenor de esta limitación será necesario el correcto dimensionado del protector auditivo, (véase punto 4: cálculo del protector auditivo) de tal forma que se garantice una atenuación optima, reduciendo el riesgo sobre el trabajador.

4. Cálculo del protector auditivo.

Tras la evaluación de la exposición al ruido en cada uno de los puestos en los que el presente trabajo se centra, será necesario el dimensionado del protector auditivo adecuado a las necesidades, ya que en cada uno de ellos se supera el nivel de ruido permitido.

PUESTO 1 – PESADOR

Para este puesto de trabajo, podemos observar que el valor $L_{Aeq,d} + U$ es mayor que el valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), por lo que el uso del protector auditivo es obligatorio, a fin de garantizar el cumplimiento de la normativa en materia de prevención. Respecto a la responsabilidad de la empresa de este aspecto, tendrá la obligación de suministrar el equipo de protección individual y de velar por su correcto uso, además existirán más medidas complementarias (véase punto 5: medidas a implantar).

Tabla 14: Conclusiones para el puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.

PUESTO DE TRABAJO - PESADOR -	
Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	89,4 dB(A)
Incertidumbre expandida U	1,9 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	91,3 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	87,5 dB(A)
Nivel de presión sonora ponderada C (en patio) $L_{Aeq,C}$	99,6 dB(C)
Protectores auditivos disponibles	PELTOR H4A con SNR = 24

A continuación, valoraremos si los protectores auditivos empleados hasta el momento continúan siendo adecuados frente a los niveles de ruido detectados en esta evaluación. Para ello emplearemos el método SNR descrito en el apartado 3.2.

El modelo disponible es un sistema de protección auditivo marca PELTOR con parámetro SNR = 24. Teniendo en cuenta que el nivel de presión sonora ponderado C para las tareas realizadas en el patio es 99,6 dB (C). De esta forma el nivel de presión sonora efectiva:

$$L_{A'} = L_{Aeq,C} - SNR = 99,6 - 24 = 75,6 \text{ dB (A)}$$



Ilustración 7: Protector auditivo PELTOR.

No obstante, este valor deberá ser incrementado en 4 dB dado los factores limitadores establecidos previamente, por lo que $L_{A'} = 79,6$ dB (A). Dado que dicho valor no supera el umbral de 80 dB (A), la medida de implantar este protector auditivo en concreto es **aceptable**.

Por otra parte, habrá que tener en cuenta que el nivel de presión sonora ponderada C en la zona donde se realiza la tarea de control de pesado de aceituna es nulo, esto se debe a que dicha tarea se realiza en una zona aislada por un cierre de aluminio respecto al exterior por lo que no se precisará el uso de protectores auditivos en su interior.



Para cada una de las tareas, escogeremos el valor L_{pico} mayor para comparar con respecto a los límites establecidos en la norma. Podemos ver que en ningún caso se cumple la condición que establece la norma de que sea superior a 137 dB (C) para que se requiera el uso de protectores auditivos.

- L_{pico} (control de pesado de aceituna) = 101,4 dB (C) < 137 dB (C)
- L_{pico} (uso de sopladora) = 114,4 dB (C) < 137 dB (C)

PUESTO 2 – OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN

Al igual que en el puesto de trabajo anterior, podemos observar que el valor superior $L_{Aeq,d} + U > 85$ dB (A) por lo que el trabajador está obligado al uso de protectores auditivos. Además, la empresa tendrá las mismas responsabilidades respecto a esta medida.

Tabla 15: Conclusiones para el puesto OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

PUESTO DE TRABAJO – OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN -	
Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	83,1 dB(A)
Incertidumbre expandida U	2,2 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	85,3 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	80,9 dB(A)
Nivel pico L_{pico}	113 dB(C)
Nivel de presión sonora ponderada C $L_{Aeq,C}$	90,5 dB(C)
Protectores auditivos disponibles	PELTOR H4A con SNR = 24

De igual manera que en el caso anterior, el protector auditivo disponible es un modelo PELTOR con SNR = 24. Teniendo en cuenta que el nivel de presión sonora ponderado C para dicha tarea es 90,5 dB (C), el nivel de presión sonora efectivo será:

$$L_{A'} = L_{Aeq,C} - SNR = 90,5 - 24 = 66,5 \text{ dB (A)}$$

No obstante, este valor deberá ser incrementado en 4 dB dado los factores limitadores establecidos previamente, por lo que $L_{A'} = 70,5$ dB (A). Dado que dicho valor no supera el umbral de 80 dB (A), la medida de implantar este protector auditivo en **aceptable** (véase ilustración 5: Clasificación de EPI's auditivos).

Por otra parte, podemos afirmar que $L_{pico} = 113$ dB (C) < 137 dB (C) por lo que, respecto al ruido de impacto, al no superarse el valor límite de la norma no sería necesario el uso de protectores auditivos, sin embargo, como el valor superior del nivel de exposición al ruido si lo hace es NECESARIO su uso.



PUESTO 3 – OPERARIO DE PATIO DE CINTAS

En este caso, al igual que en el puesto de pesador, el valor superior del nivel de exposición diario al ruido $L_{Aeq,d} + U > 85$ dB (A) por lo que el trabajador está obligado al uso de protectores auditivos. Además, la empresa tendrá las mismas responsabilidades respecto a esta medida.

Por otra parte, $L_{pico} = 108,1$ dB (C) < 137 dB (C) sin embargo como se incumple al menos una de las dos restricciones, como en casos anteriores será necesaria la evaluación y el dimensionado de un protector auditivo, siendo de obligado uso. Además, la empresa tendrá las mismas responsabilidades respecto a esta medida, suministro y control en su uso.

Tabla 16: Conclusiones para el puesto OPERARIO DE PATIO CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.

PUESTO DE TRABAJO – OPERARIO DE PATIO CINTAS -	
Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	86,6 dB(A)
Incertidumbre expandida U	2,0 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	88,6 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	84,6 dB(A)
Nivel pico L_{pico}	108,1 dB(C)
Nivel de presión sonora ponderada C $L_{Aeq,C}$	95,3 dB(C)
Protectores auditivos disponibles	PELTOR H4A con SNR = 24

Como en los casos anteriores, el protector auditivo disponible es un modelo PELTOR con SNR = 24. Teniendo en cuenta que el nivel de presión sonora ponderado C para dicha tarea es 95,3 dB (C), el nivel de presión sonora efectivo será:

$$L_{A'} = L_{Aeq,C} - SNR = 95,3 - 24 = 71,3 \text{ dB (A)}$$

No obstante, este valor deberá ser incrementado en 4 dB dado los factores limitadores establecidos previamente, por lo que $L_{A'} = 75,3$ dB (A). Dado que dicho valor no supera el umbral de 80 dB (A), la medida de implantar este protector auditivo en concreto **acceptable** (véase ilustración 5: Clasificación de EPI's auditivos) ya que hace que el riesgo se minimice.



PUESTO 4 – OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN

Al igual que en casos anteriores, podemos observar que el valor superior $L_{Aeq,d} + U > 85$ dB (A) por lo que el trabajador está obligado al uso de protectores auditivos. Además, la empresa tendrá las mismas responsabilidades respecto a esta medida.

Tabla 17: Conclusiones para el puesto OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.

PUESTO DE TRABAJO – OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN -	
Nivel de exposición al ruido diario $L_{Aeq,d}$	84,7 dB(A)
Incertidumbre expandida U	1,4 dB
Valor superior $L_{Aeq,d} + U$	86,1 dB(A)
Valor inferior $L_{Aeq,d} - U$	83,3 dB(A)
Nivel de presión sonora ponderada C (molinos) $L_{Aeq,C}$	90,3 dB(C)
Nivel de presión sonora ponderada C (sala molturación) $L_{Aeq,C}$	92,1 dB(C)
Protectores auditivos disponibles	PELTOR H4A con SNR = 24

Podemos observar que, en relación a los valores de ruido de impacto para cada una de las tareas que se cumple la restricción impuesta por la norma:

- L_{pico} (molinos) = 105,7 dB (C) < 137 dB (C)
- L_{pico} (sala de molturación) = 108,1 dB (C) < 137 dB (C)
- L_{pico} (sala ordenador) = 85,1 dB (C) < 137 dB (C)
- L_{pico} (laboratorio) = 84,1 dB (C) < 137 dB (C)

Sin embargo, en relación al valor superior del nivel de exposición diario al ruido 86,1 dB(A), si se incumple la restricción establecida por la norma, superándose los 85 dB (A) como limite señalado para la implantación de una acción preventiva.

Por este motivo, es necesario el uso de protectores auditivos, teniendo que tener en cuenta que en la sala de ordenador y en el laboratorio, debido al encapsulamiento de estas zonas ya sea con muros de hormigón homologados para la reducción del nivel de ruido o con aluminio, no se precisa su uso, careciendo de nivel de presión sonora ponderada C. Por tanto, valoraremos la efectividad de estos protectores en función de los valores obtenidos en el resto de áreas donde se desarrollan labores:

- Sala de molinos: Teniendo en cuenta el incremento de 4 dB de los factores limitadores establecidos previamente, $L_{A'} = 70,3$ dB (A) < 80 dB (A) el protector auditivo es **satisfactorio** para la realización de esta tarea (véase ilustración 5: Clasificación de EPI's auditivos).

$$L_{A'} = L_{Aeq,C} - SNR = 90,3 - 24 = 66,3 \text{ dB (A)}$$

- Sala de molturación: Teniendo en cuenta el incremento de 4 dB de los factores limitadores establecidos previamente, $L_{A'} = 72,1$ dB (A) < 80 dB (A) el protector auditivo es **satisfactorio** para la realización de esta tarea (véase ilustración 5: Clasificación de EPI's auditivos).

$$L_{A'} = L_{Aeq,C} - SNR = 92,1 - 24 = 68,1 \text{ dB (A)}$$

5. Medidas a implantar.

En base al artículo 4 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, hay que tener en cuenta una serie de medidas que, según la norma, son de obligado cumplimiento cuando existen valores de ruido superiores a los límites establecidos:

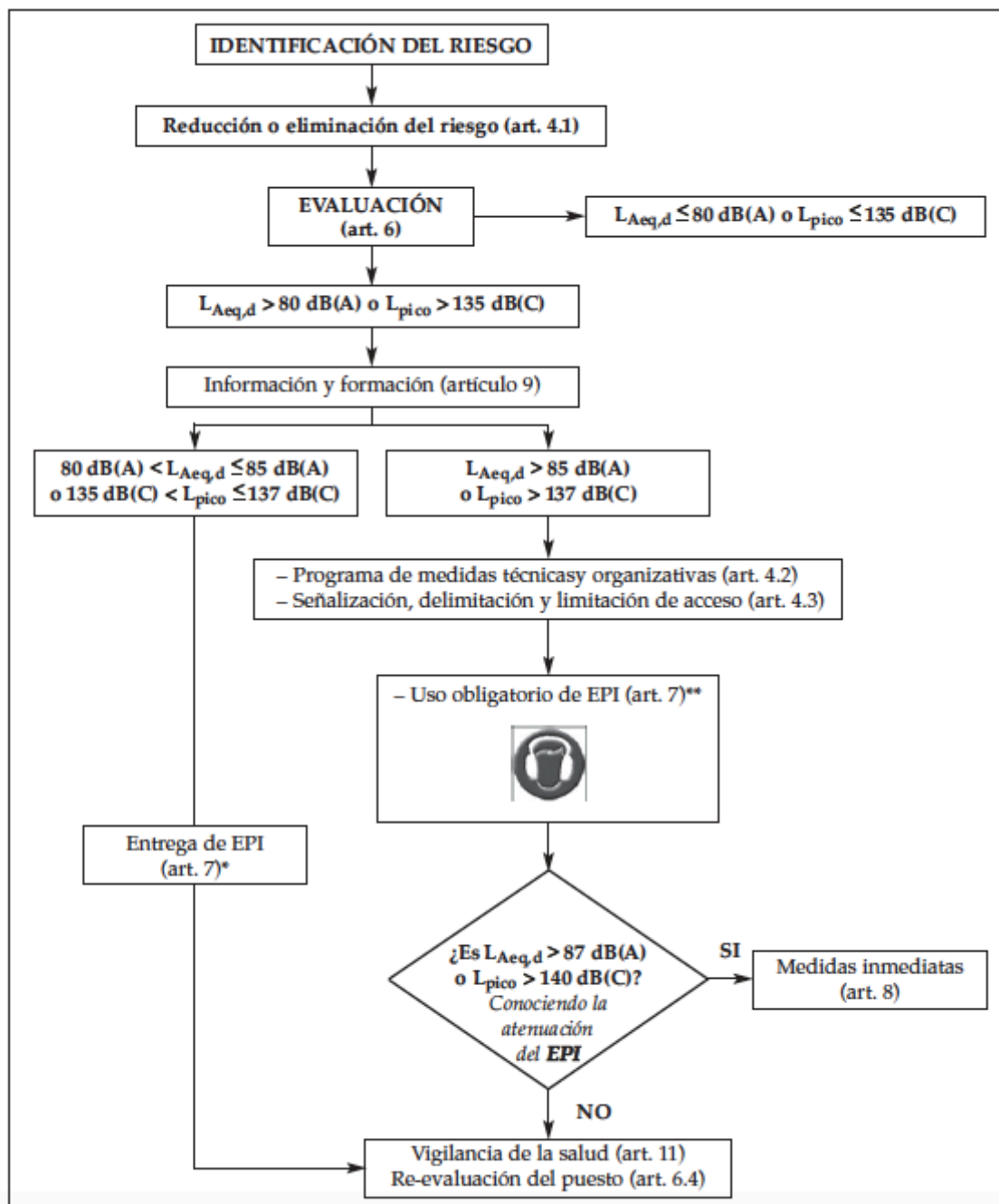


Ilustración 8: Resumen medidas a implantar frente al ruido. FUENTE: Guía técnica ruido. INSST.



Necesidad de eliminar el ruido en su origen o reducirlo al nivel mas bajo posible, empleando los avances técnicos, tecnológicos o las medidas de control del riesgo en su origen, basándose en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, teniendo en cuenta especialmente:

- La implantación de métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido.
- Elección de equipos de trabajo adecuados, los cuales generen el menor nivel posible de ruido, dentro de lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos.
- Adecuada disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- Reducción técnica del ruido, ya sea aéreo o el transmitido por cuerpos solidos, mediante el amortiguamiento o aislamiento del mismo, colocación de pantallas, cerramientos o recubrimientos de naturaleza absorbente, siempre que las funciones del puesto lo permitan.

Además, existe una obligación por parte de la empresa de suministrar los equipos de protección frente al ruido, haciéndose cargo del coste que ello conlleve. Deberá velar por su correcto uso entre los trabajadores.

El desarrollo e implantación de un programa de formación e información relativo a este riesgo será vital para que los trabajadores conozcan a que están expuestos, consecuencias que este puede originar, ya sea a corto o a largo plazo y como combatirlo, creando una consciencia de grupo la cual ayudara a prevenir posibles enfermedades como hipoacusias.

Restringir el acceso a las zonas donde se superen los limites establecidos por la legislación vigente señalizando estas, de esta forma se garantizará la seguridad de las personas y el conocimiento en todo momento de los trabajadores de la posibilidad de daños por ruido en función de la zona donde se encuentren.

Llevar a cabo los reconocimientos médicos pertinentes en el intervalo que proceda según los valores de ruido obtenidos, velando por un control continuo de como el ruido afecta sobre los trabajadores. Con este gesto se podrán detectar posibles enfermedades originadas por el ruido en su fase mas primitiva, reduciendo los efectos de estas sobre los trabajadores.

Por ultimo, será necesaria la realización de una medición periódica del ruido para revisar los valores obtenidos garantizando que en ningún momento se sobrepasan los limites establecidos y que, estando dentro de los valores tolerables, se emplee el protector auditivo adecuado.

Una vez establecido en aspectos generales las medidas a implantar, habrá que tener en cuenta como llevar a cabo la evaluación y posterior implantación para cada uno de los puestos de trabajo estudiados en el presente documento.



PUESTO 1 – PESADOR

Dado que el valor superior ($L_{Aeq,d} + U$) está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), es obligatorio el uso del protector auditivo.

La empresa deberá tomar medidas para reducir la exposición del trabajador con medidas como la dotación del protector adecuado (véase punto 4, cálculo del protector auditivo), reducir la exposición del trabajador a la fuente de origen diseñando un sistema de rotación a fin de que el tiempo de exposición se minimice.

Dado que la principal fuente de ruido son los vehículos y la maquinaria que se encuentran anexa al patio de recepción, el encapsulamiento de la fuente de origen no es viable, no obstante dado que este puesto de trabajo realiza muchas funciones administrativas con documentos y ordenadores, el aislamiento de dicha zona mediante un cierre de aluminio o una construcción de obra que la separe del patio es una adecuada medida a implantar de cara a que el trabajador reduzca el tiempo de exposición a dicho ruido.

Habrà que tener en cuenta que, dado que este puesto de trabajo desarrolla sus funciones en un ambiente con presencia de sustancias químicas catalogadas como ototóxicas (principalmente anhídrido carbónico y monóxido de carbono) será necesaria la implantación de medidas de prevención (véase anexo 1).

Por otra parte, otras medidas a llevar a cabo serán las de:

- Evaluaciones higiénicas cada año.
- Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
- Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada tres años.
- Obligación por parte de la empresa de suministrar la protección auditiva adecuada a los trabajadores.
- Obligación por parte de los empleados del uso de la protección auditiva.
- Adecuada señalización de las zonas de exposición a un nivel de ruido perjudicial.
- Desarrollo de un programa técnico de control, incluyendo entre otros, aspectos relacionados con el adecuado mantenimiento de los equipos de trabajo como son operaciones de limpieza o engrase destinados a evitar el ruido generado por el rozamiento de piezas, engranajes etc.

PUESTO 2 – OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN

Dado que el valor superior ($L_{Aeq,d} + U$) está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A), será de obligado uso por parte del trabajador el protector auditivo suministrado por la empresa a fin de proteger a este frente al riesgo higiénico detectado.

$$L_{Aeq,d} + U = 85,3 \text{ dB (A)} > 85 \text{ dB (A)}$$

Por otra parte, gracias a la autonomía del puesto de trabajo y a la ventaja de estar moviéndose constantemente por la zona, no existe una exposición constante a una fuente de ruido de elevado nivel, si no que este nivel va oscilando dentro de la jornada laboral por lo que las medidas a implantar, mas allá del uso obligatorio de protectores auditivos, son:



- Evaluaciones higiénicas cada año.
- Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
- Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada tres años.
- Obligación por parte de la empresa de suministrar la protección auditiva adecuada a los trabajadores.
- Obligación por parte de los empleados del uso de la protección auditiva.
- Adecuada señalización de las zonas de exposición a un nivel de ruido perjudicial.
- Existencia de un programa técnico de control.

Al igual que en el puesto de trabajo anterior habrá que tener en cuenta que este también desarrolla sus funciones en un ambiente con presencia de sustancias químicas catalogadas como ototóxicas (principalmente anhídrido carbónico y monóxido de carbono) será necesaria la implantación de medidas de prevención (véase anexo 1).

PUESTO 3 – OPERARIO DE PATIO DE CINTAS

Dado que el valor superior ($L_{Aeq,d} + U$) está por encima del valor superior que da lugar a una acción, 85 dB (A) por lo que,, al igual que en el resto de casos, implicará la utilización de manera inmediata de un protector auditivo adecuado, teniendo en cuenta que la atenuación que ofrezca contrarreste el valor obtenido:

$$L_{Aeq,d} + U = 88,6 \text{ dB (A)} > 85 \text{ dB (A)}$$

Dicho puesto de trabajo requiere que el operario circule libremente por la zona de maquinaria, por lo que el encapsulado de dicha zona como tal no es viable, dadas las dimensiones en su conjunto de todo lo que integra dicha área, no obstante, se deberá considerar por parte de la empresa la mejora mecánica de la maquinaria a fin de evitar una generación de ruido por encima del nivel permitido.

Por otra parte, la rotación de personal para el desempeño de los trabajos en la zona a estudiar es una medida que contribuye directamente a la reducción del tiempo de exposición. Además, será necesaria la implantación de otras medidas como:

- Evaluaciones higiénicas cada año.
- Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
- Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada tres años.
- Obligación por parte de la empresa de suministrar la protección auditiva adecuada a los trabajadores.
- Obligación por parte de los empleados del uso de la protección auditiva.
- Adecuada señalización de las zonas de exposición a un nivel de ruido perjudicial.
- Existencia de un programa técnico de control.



PUESTO 4 – OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN

Dado que el valor superior ($L_{Aeq,d} + U$) está por encima del valor superior de 85 dB (A), será necesaria la implantación de ciertas medidas dado que:

$$L_{Aeq,d} + U = 86,1 \text{ dB (A)} > 85 \text{ dB (A)}$$

Debido a que en esta casuística el operario circula entre cuatro zonas perfectamente delimitadas; zona de molinos, sala de molturación, sala de ordenador y el laboratorio, la necesidad de la utilización de protectores auditivos varia dependiendo de la zona en la que se encuentre.

Gracias a la separación de los molinos colocándolos en una zona separada de la sala de molturación, en una zona restringida y perfectamente aislada del resto, la presencia de un nivel de ruido se ve bastante reducida, no obstante, eso no quiere decir que dicho valor se encuentre dentro de un limite permisible, dado que existe mas maquinaria que emite ruido y no se encuentra aislada por las condiciones de temperatura y/o humedad que se requiere el producto durante su tratamiento con las mismas.

Por este motivo, el uso de protectores auditivos en la sala de molturación si será obligatorio, sin embargo, dado que el laboratorio y la sala de ordenadores se encuentran aisladas y no presentan maquinaria en su interior que genere un ruido por encima del limite establecido, el uso de protectores auditivos en su interior es opcional.

Por otra parte, se deberán implantar las siguientes medidas, a fin de garantizar la protección frente al riesgo higiénico detectado:

- Evaluaciones higiénicas cada año.
- Implantar un sistema de formación e información dirigida a los trabajadores.
- Control medico inicial al trabajador, con revisiones periódicas cada tres años.
- Obligación por parte de la empresa de suministrar la protección auditiva adecuada a los trabajadores.
- Obligación por parte de los empleados del uso de la protección auditiva.
- Adecuada señalización de las zonas de exposición a un nivel de ruido perjudicial.
- Existencia de un programa técnico de control.



6. Anexo I: Productos ototóxicos.

Dada la relación directa entre las afecciones en el oído humano no solo con el ruido, si no también con sustancias catalogadas como ototóxicas, será de importancia para el presente documento la redacción de un anexo sobre ellas.

Entendemos por sustancias ototóxicas aquéllas que ejercen un efecto nocivo, de carácter permanente o temporal, sobre el oído interno. La exposición a estas sustancias puede dar lugar a alteraciones del oído interno, afectando tanto al sentido de la audición (disminución de la capacidad auditiva o hipoacusia neurosensorial, zumbidos de oídos o acúfenos, náuseas, vértigo, ataxia), como al del equilibrio.

La gravedad a la que pueden llegar los daños por exposición sustancias ototóxicas, hace que deban calificarse como sustancias especialmente peligrosas y que se deban evitar los riesgos derivados de la exposición. La prioridad debe ser su eliminación o sustitución y sólo en caso de que esto no sea técnicamente posible se deberían adoptar otras medidas para reducir la exposición de los trabajadores (medidas de protección colectivas e individuales) a estas sustancias, siguiendo los principios de la acción preventiva de la Ley 31/ 1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Las principales sustancias catalogadas como ototóxicas presentes en este centro de trabajo son el anhídrido carbónico y el monóxido de carbono, ambas producidas por la combustión de los vehículos que llegan a las instalaciones para la descarga de la aceituna.

Dado que el parque móvil español tiene una elevada presencia de vehículos con más de 16 años principalmente en alternativas gasolina y diésel, la sustitución o eliminación de la fuente de origen es una idea que se descarta por completo.

Sin embargo, existen medidas que, implantándose de forma combinada, pueden contribuir a reducir la presencia de estos compuestos químicos en el ambiente. Un buen punto de partida es, el hecho de que la zona de descarga se encuentre semiabierto al exterior, no obstante, sería conveniente:

- La implantación de la prohibición de que los vehículos permanezcan arrancados dentro de la zona de descarga, de esta manera se evitará el dispersado de partículas en suspensión de estos compuestos.
- Colocar un medidor de la calidad del aire en puntos críticos, principalmente en las zonas donde los trabajadores pasan mas tiempo como puede ser en las inmediaciones de la garita.
- Presencia de extractores por toda la zona, de esta forma cuando el medidor de la calidad del aire estime que es necesaria la depuración del mismo, automáticamente arrancará los ventiladores, reciclando el aire.

Por otra parte, un correcto seguimiento medico contribuirá a garantizar la seguridad de los trabajadores, ya que la exposición combinada a ruido y sustancias ototóxicas puede aumentar el riesgo de pérdida de capacidad auditiva.



7. Anexo II: Plantilla utilizada para la medición de ruido.

Hoja de Toma de datos

MUESTREO DE RUIDO POR PUESTO DE TRABAJO

EMPRESA:		FECHA:	
CENTRO:		TÉCNICO:	
Nº CONTRATO:		REFERENCIA DEL INFORME:	
LOCALIDAD:		PERSONAS PRESENTES:	
PROVINCIA:			

SECCIÓN:	T. EXPOSICIÓN:
PUESTO:	Nº TRABAJADORES:
REF. CALIBRADOR ACÚSTICO:	GRUPO HOMOGÉNEO DE EXPOSICIÓN:
Configuración del puesto de trabajo:	Exposiciones potenciales:
Tiempo global de exposición a ruido [h]:	Factores de exposición:
Incidencias:	E.P.A. (tipo y valoración de su uso):

MEDICIONES DURANTE EL TRABAJO / MEDICIONES DE JORNADA COMPLETA						
MUESTRA DURANTE EL TRABAJO / JORNADA (NOMBRE TRABAJADOR)	TIEMPO DE MEDICIÓN	REFERENCIA EQ. MEDICIÓN	$L_{Aeq,T}$ dB(A)	$L_{Ceq,T}$ dB(C)	L_{nc} dB(C)	SUCESOS ACÚSTICOS RESEÑABLES

MEDICIONES DURANTE LA TAREA									
TAREA (NOMBRE TRABAJADOR)	DURACIÓN DE LA TAREA	REFERENCIA EQ. MEDICIÓN	$L_{Aeq,T}$ dB(A)					L_{nc} dB(C)	$L_{Ceq,T}$ dB(C)

TAREA / SITUACIÓN (NOMBRE TRABAJADOR)	ANÁLISIS EN BANDAS DE OCTAVA Hz								ATENÚACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO								
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	MARCA / MODELO:				TIPO:				
									ΔP_{VI} (dB)	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K

OBSERVACIONES:



8. Anexo III: Otros riesgos higiénicos detectados.

Un estudio higiénico de una zona de trabajo no solo engloba la presencia o no de un nivel de ruido por encima del nivel permitido. Existen otros tipos de riesgos también catalogados como riesgos higiénicos que pueden resultar muy perjudiciales para el trabajador.

Durante la visita de campo a las instalaciones y la recopilación de los datos para la elaboración del presente documento, se detectó la presencia de riesgos que, a pesar de no ser objeto de estudio en el presente trabajo, es importante mencionar al menos, su presencia y como pueden afectar al ser humano.

- Vibraciones: principalmente derivadas de la maquinaria presente en las instalaciones encaminadas a la transformación de la aceituna, vibraciones mano-brazo originadas por el uso de sopladora, hidrolimpiadora etc. Estas vibraciones, mayoritariamente transmitidas de manera indirecta al cuerpo entero, pueden producir efectos patológicos como son alteraciones osteo-articulares, vasomotoras etc.

Sin embargo, en cumplimiento al Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas, en una primera toma de contacto, se puede afirmar que la empresa ya ha tomado medidas para disminuir el nivel de vibraciones que reciben los trabajadores,

- Agentes químicos: durante el proceso de fabricación del aceite, se ha observado el uso de talco en una fase muy concreta, esta sustancia química origina un riesgo muy importante para la salud, mas allá de la alergia que pudiera aparecer, existe la denominada talcosis o neumoconiosis, la cual está catalogada como enfermedad profesional.

La talcosis es una enfermedad silenciosa la cual no tiene un tratamiento específico, no obstante, no se considera mortal, pero si incapacitante. Dado que el talco es una sustancia de carácter sensibilizante, independientemente del índice de exposición que pudiera darse en esta casuística, será necesaria la toma de medidas destinadas a la prevención, en base al cumplimiento del Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Como medidas preventivas ya detectadas en la visita de campo, el uso de mascarilla durante la utilización del producto es algo que se encuentra vigente. Sin embargo, aunque este producto se manipule en zonas abiertas, no se ha observado la presencia de sistemas de ventilación o inyección de agua para reducir el nivel de polvo en el ambiente.

- Agentes biológicos: presentes en el agua que se emplea en el lavado de la aceituna, esta "agua sucia" puede originar diferentes tipos de enfermedades sobre los trabajadores, unas adecuadas medidas de protección minimizaran el posible impacto del riesgo.



Algunas de estas medidas son el uso de guantes, mantenimiento de la limpieza empleando productos químicos compatibles con el tipo de actividad, adecuada protección respiratoria para el trabajador que opera en zonas presentes o con dicho elemento...

Por otra parte, en cumplimiento del Real Decreto 664/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, la vacunación frente a algunas enfermedades como el tétanos o la poliomielitis son la mejor manera de combatir este riesgo.

- Condiciones de temperatura extremas: debido a que la actividad es realizada en los meses de invierno, coincidiendo con el periodo de recogida de la aceituna y que la mayor parte de los trabajos se realizan en instalaciones abiertas o semiabiertas, el trabajo a temperaturas extremas, en muchas ocasiones por debajo de los 6°C es muy habitual.

Los principales riesgos que entrañan este tipo de condiciones son la aparición de cuadros de hipotermia, congelación de miembros, contribución a la aparición de enfermedades como neumonías o cuadros gripales, accidentes laborales como caídas en suelos resbaladizos por hielo o nieve...

Como medidas preventivas destacan el uso de la adecuada ropa de trabajo, llevar una dieta altamente calórica, uso de guantes así como respetar las pausas.

Por otra parte, la empresa puede plantear la distribución de la jornada laboral alternando actividades de interior y exterior, reduciendo el numero de horas de exposición al frio.



9. Autorización para la presentación del trabajo.



AUTORIZACIÓN PARA LA DEFENSA DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Datos del alumno/a:
DNI: 77368446B
Apellidos, Nombre: Puerto Lucena, Miguel Ángel
Máster (y especialidad, en su caso): Master en prevención de riesgos laborales. Especialidad – higiene industrial.

Datos del Trabajo	
Título del Trabajo: Evaluación de la exposición al ruido en los puestos de trabajo en una almazara.	
Convocatoria (indicar mes de defensa): MARZO	Año: 2021

El director/tutor(es/as) del Trabajo INFORMA FAVORABLEMENTE la defensa del mismo:	
Director/a- tutor/a: D. Carlos Pérez de la Torre	
*Fdo.:	 Firmado digitalmente por PEREZ DE LA TORRE CARLOS - 26009153V Fecha: 2021.02.18 22:23:21 +01'00'

*Este formulario, debidamente cumplimentado y firmado (con firma digital o en su defecto, con firma manuscrita y escaneo del documento), deberá ser entregado por el alumno en formato pdf en el mismo soporte digital, junto con el resto de archivos integrantes del trabajo.



ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE ACCESO DE COPIA DIGITAL DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Datos del alumno/a	
DNI: 77368446B	
Apellidos, Nombre: Puerto Lucena, Miguel Ángel	
Correo electrónico: mapl0005@red.ujaen.es	Tfno.: 675 326 402
Máster (y especialidad en su caso): Máster en prevención de riesgos laborales – especialidad de higiene industrial.	
Título del Trabajo: Evaluación de la exposición al ruido en los puestos de trabajo en una almazara.	
Director/Tutor (es/as): D. D. Carlos Pérez de la Torre	
Fecha de entrega: Convocatoria de marzo 2021	

El alumno/a ha realizado la entrega preceptiva de una copia digital de su TFM para su depósito en el Repositorio creado al efecto por la Universidad de Jaén, AUTORIZANDO a:

Su difusión en acceso libre (marcar con una X la opción elegida)	SI ☒	NO ☐
--	---	-----------------------------

Fdo.:

*Este formulario, debidamente cumplimentado y firmado (con firma digital o en su defecto, con firma manuscrita y escaneo del documento), deberá ser entregado por el alumno en formato pdf en el mismo soporte digital, junto con el resto de archivos integrantes del trabajo.



10. Bibliografía.

Aislo. (2012). Obtenido de Tipos de sonómetros: www.aislo.com/tipos-de-sonometros

Allpe. (2011). Obtenido de Mediciones acusticas: www.allpe.com/acustica/ingenieria-acustica/mediciones-acusticas/tipos-de-sonometros-para-mediciones-acusticas/

Certicalia. (2009). Certicalia. Obtenido de Tipos de sonómetro: www.certicalia.com/blog/tipos-sonometro-clase-1-clase-2

equipodeproteccionindividual.com. (2013). Normativa de protección auditiva en EPI. Obtenido de www.equipodeproteccionindividual.com/normativa-proteccion-auditiva-en-epi/

España, M. d. (2004). Boletín oficial del estado. Obtenido de www.boe.es

Gobierno de España. (2001, 01 de mayo). Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Madrid: Ministerio de la Presidencia.

Gobierno de España. (2006, 11 de marzo). 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. Madrid: Ministerio de la presidencia.

Gobierno de España. (2014, 29 de diciembre). Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Madrid: Jefatura del Estado.

Gobierno de España. (2015, 10 de octubre). Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, pro el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

Gobierno de España. (2020, 10 de diciembre). Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Madrid: Ministerio de la Presidencia.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1987). NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). NTP 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). NTP 951. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2012). NTP 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.

trabajo, I. n. (2020). Notas tecnicas de prevención. Obtenido de <https://www.insst.es/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion>

trabajo., A. d. (1998). Exposición a ruido y estimación de pérdidas auditivas inducidas en operarios de líneas continuas de extracción de aceite. Jaén: Junta de Andalucía.

Unizar. (2006). Obtenido de Uprl.unizar: <http://uprl.unizar.es/higiene/ruido.html>

MC Mutual (2019). Riesgo químico por la exposición a ototóxicos. www.mc-mutual.com/documents/20143/47332/ototoxics_es.pdf

Conversia (2013). Trabajar a temperaturas extremas. www.conversia.org/prl/trabajar-temperaturas-extremas



11. Relación de figuras.

Ilustración 1: Patio de recepción.	5
Ilustración 2: Patio de cintas.....	5
Ilustración 3: Sala de molturación.	6
Ilustración 4: Metodología de actuación para la medición del ruido. FUENTE: NTP 951.	7
Ilustración 5: Clasificación de EPI's Auditivos. FUENTE: Norma UNE-EN 458:2016. .	14
Ilustración 6: Sonómetro Clase 1.	15
Ilustración 7: Protector auditivo PELTOR.....	28
Ilustración 8: Resumen medidas a implantar frente al ruido. FUENTE: Guía técnica ruido. INSST.....	32

12. Relación de tablas.

Tabla 1: Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo.	10
Tabla 2: Datos recogidos para el puesto de PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.	16
Tabla 3: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.....	18
Tabla 4: Resultados puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.....	18
Tabla 5: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.	19
Tabla 6: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.....	20
Tabla 7: Resultados para puesto OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.....	21
Tabla 8: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO PATIO DE CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.....	21
Tabla 9: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.....	23
Tabla 10: Resultados para puesto OPERARIO DE PATIO PATIO DE CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.	23
Tabla 11: Datos recogidos para el puesto de OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.	24
Tabla 12: Coeficientes para el cálculo de la incertidumbre. Puesto OPERARIO PATIO CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.....	26
Tabla 13: Resultados para puesto OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.....	27
Tabla 14: Conclusiones para el puesto PESADOR. FUENTE: Elaboración propia.	28
Tabla 15: Conclusiones para el puesto OPERARIO DE PATIO DE RECEPCIÓN. FUENTE: Elaboración propia.	29
Tabla 16: Conclusiones para el puesto OPERARIO DE PATIO CINTAS. FUENTE: Elaboración propia.....	30
Tabla 17: Conclusiones para el puesto OPERARIO SALA DE MOLTURACIÓN. FUENTE: Elaboración propia.	31



13. Relación de ecuaciones.

Ecuación 1: Nivel medio de presión acústica para un conjunto de muestras.	9
Ecuación 2: Nivel de exposición diario equivalente ponderado a una jornada laboral de duración N_T	9
Ecuación 3: Cálculo de la incertidumbre expandida U	9
Ecuación 4: Cálculo de la incertidumbre combinada.	10
Ecuación 5: Coeficiente de sensibilidad C_{1a}	10
Ecuación 6: Coeficiente de sensibilidad C_{1b}	10
Ecuación 7: Incertidumbre estándar U_{1a}	10
Ecuación 8: Incertidumbre estándar U_{1b}	11
Ecuación 9: Coeficiente de reducción del nivel de ruido.	12
Ecuación 10: Protección asumida del protector.	13
Ecuación 11: Nivel de presión sonora efectivo ponderado A	13
Ecuación 12: Coeficiente de reducción del nivel de ruido para el método HML en función del resultado de la diferencia de los valores de presión acústica ponderados A y C	13
Ecuación 13: Atenuación del nivel de ruido mediante el método SNR.	13