



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

**Escuela de
Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo**

Máster en Ingeniería de Minas



Trabajo Fin de Máster

**Ruido en minería:
Sistemática de medición y medidas preventivas.**

Autor: Virginia M^a Más Andrés

Tutor: Isidro Diego Álvarez

Oviedo, Junio de 2017



Contenido

Introducción.....	4
Antecedentes.....	5
Introducción teórica.....	6
El ruido.....	6
Medición del ruido.....	10
Valores límite de exposición.....	12
El dosímetro.....	15
El sonómetro.....	18
Caso de estudio.....	19
Parte experimental.....	21
Mediciones.....	21
Preparación de equipos.....	21
Metodología de toma de muestras.....	27
Lavadero Batán.....	28
Escombrera Figaredo.....	40
Pozo San Nicolás.....	52
Medidas preventivas.....	66
Tipos de EPIs.....	66
Protectores auditivos disponibles en Hunosa.....	68
Calculo de la atenuación.....	72
Conclusiones.....	86
Bibliografía.....	89



Índice de figuras

<i>Ilustración 1. Suma de decibelios. FUENTE: equipoTontechnik</i>	7
<i>Ilustración 2. Escalas de ponderación; FUENTE: "Noise help"</i>	9
<i>Ilustración 3. Señales visuales presentes en zonas de ruido. FUENTE: Hunosa</i>	13
<i>Ilustración 4. Dosímetro integrador o sonómetro. FUENTE: Hunosa</i>	15
<i>Ilustración 5. Pantalla del dosímetro. FUENTE: Hunosa</i>	16
<i>Ilustración 6. Partes del dosímetro. FUENTE: Hunosa</i>	17
<i>Ilustración 7. Sonómetro. FUENTE: Hunosa</i>	18
<i>Ilustración 8. Creación de nuevo archivo de configuración</i>	22
<i>Ilustración 9. Selección de una nueva configuración</i>	22
<i>Ilustración 10. Pantalla de ajuste de diferentes parámetros</i>	23
<i>Ilustración 11. Tabla resumen de la nueva configuración</i>	25
<i>Ilustración 12. Cargar la configuración en el dosímetro</i>	25
<i>Ilustración 13. Calibrador acústico o pistofono. FUENTE: Hunosa</i>	26
<i>Ilustración 14. Tapones disponibles en Hunosa. FUENTE: Hunosa</i>	68
<i>Ilustración 15. Tapones con banda disponibles en Hunosa. FUENTE: Hunosa</i>	69
<i>Ilustración 16. Orejeras acoplables Zone 1. FUENTE: Hunosa</i>	70
<i>Ilustración 17. Orejeras acoplables Zone 2. FUENTE: Hunosa</i>	71

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Escala de ponderación A</i>	8
<i>Tabla 2. Escala de ponderación C</i>	9
<i>Tabla 3. Acciones preventivas frente al ruido. FUENTE: Hunosa</i>	14
<i>Tabla 4. Datos de atenuación de los tapones. FUENTE: Hunosa</i>	68
<i>Tabla 5. Datos de atenuación de los tapones con banda. FUENTE: Hunosa</i>	69
<i>Tabla 6. Datos de atenuación de las orejeras Zone 1. FUENTE: Hunosa</i>	70
<i>Tabla 7. Datos de atenuación de las orejeras Zone 2. FUENTE: Hunosa</i>	71
<i>Tabla 8. Atenuación para la cinta transportadora y criba</i>	76
<i>Tabla 9. Atenuación para el barreado en 781</i>	79
<i>Tabla 10. Atenuación para avance de minador</i>	82
<i>Tabla 11. Atenuación para sutiraje minador</i>	85
<i>Tabla 12. Tabla resumen protectores auditivos seleccionados</i>	85



Introducción

En la vida cotidiana, la población está expuesta de manera continua al ruido. La creciente industrialización y migración de la población hacia áreas urbanas ha supuesto un incremento en los niveles de ruido ambiental con el que los ciudadanos se ven obligados a convivir a diario.

El ruido es un factor de riesgo para la salud de las personas, no solo suponiendo un peligro para la aparición de enfermedades fisiológicas, sino también para enfermedades psíquicas, sociales y hasta patológicas. El objetivo de la prevención del ruido es la eliminación, o al menos, disminución a valores admisibles del ruido en la vida cotidiana de las personas.

Estas consideraciones se pueden y deben trasladar a la minería, con el fin de regular la percepción de ruido por parte de los trabajadores. La minería es una actividad económica que ha estado presente en la civilización desde hace décadas. Los riesgos y peligros relacionados con esta actividad son bien conocidos por la mayoría de la población, si bien el riesgo del que se tratará en este trabajo no suele ser uno de los más considerados.

El ruido es un factor de riesgo que ha ido tomando importancia a lo largo de los años. Antes del Real Decreto 1316/89 del 27 de Octubre, el ruido en el ámbito laboral no estaba especificado ni reglado, por tanto este Real Decreto supuso una nueva visión de la presencia de ruido en la vida laboral de los trabajadores.

Hunosa lleva un riguroso control de la medición del ruido y prevención en sus puestos de trabajo. En este trabajo se especificará la sistemática de medición del ruido en la empresa, realizando mediciones en distintos ámbitos y labores de la misma, así como la consideración de medidas preventivas para la atenuación de las consecuencias que puede acarrear la exposición al ruido o la implementación de turnos de trabajo acordes con la ley vigente. Como objetivo fundamental se querrá definir el diseño de una metodología para la aplicación de la normativa sobre el ruido de la minería de interior.



Antecedentes

El 1 de Enero de 1990 entró en vigor el Real Decreto 1316/89 de 27 de Octubre, sobre “Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo”.

Cinco años después, la constatación de la dificultad de aplicación de la normativa citada en la minería dio lugar, por parte del Instituto Nacional de Silicosis y de HUNOSA a la propuesta de desarrollo del Proyecto de Investigación “metodología para el control de prevención del ruido de las minas”.

Dicha propuesta fue acogida favorablemente y alentada por la Dirección Regional de Industria del Principado de Asturias, quien financió parcialmente los gastos del proyecto citado.

Es un hecho que el problema del ruido en la minería, a pesar de la existencia de un ambiente especialmente ruidoso, ha estado históricamente desdibujado dentro de un contexto donde la atención se centró en cuestiones de seguridad e higiene mas perentorias como son los accidentes o en otras enfermedades profesionales como la silicosis.

Esquemáticamente, se estudian los siguientes puntos:

- Evaluación de los niveles de ruido en distintas instalaciones de la empresa.
- Evaluación de los niveles de ruido de los diferentes puestos de trabajo dentro de las instalaciones de la empresa.
- Observación de los puestos con más riesgo acústico.
- Estudio de algunas medidas técnicas preventivas.
- Atenuación de los niveles sonoros mediante EPIs de seguridad.
- Implantación de protectores auditivos en los diferentes ámbitos de trabajo.



Introducción teórica

El ruido

Para poder cuantificar y cualificar el ruido al que los trabajadores de una empresa están expuestos, lo primero es considerar unos conceptos básicos sobre el sonido y sus características.

Se puede definir el *sonido* como la variación de presión sobre la presión atmosférica que el oído humano puede detectar. Cuando esta variación supera unos ciertos niveles, este se convierte en *ruido*, que se puede definir como un sonido desagradable o no deseado.

Por otra parte, la presión acústica es la variación de presión que provoca una onda sonora cuando se propaga. Esta se mide en decibelios (dB). Cuando un foco sonoro vibra, emite una onda sonora que se propaga, vibrando longitudinalmente por el aire.

La frecuencia de un sonido es el número de variaciones de presión de la onda sonora en un segundo y es lo que caracteriza el tono con el que lo percibimos. Se mide en Hercios (Hz).

Se ha de tener en cuenta que el oído humano no tiene la misma sensibilidad a todas las frecuencias, sino que se oyen mejor los sonidos de frecuencias medias y altas que los de baja frecuencia.

Para medir el ruido se debe conocer que medida se utiliza para dicho fin. El **decibelio (dB)** es una unidad de relación de intensidad sonora, es decir, expresa la relación entre dos magnitudes, en este caso acústicas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia. En esta aplicación la escala termina hacia los 140 dB, donde se llega al umbral del dolor.

El decibelio es una unidad logarítmica. Esto se debe a que la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de intensidad sonora, sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal.

La unidad original es el belio (B), el cual equivale a 10 decibelios y representa un aumento de potencia de 10 veces sobre la magnitud de referencia. Ante esto, se debe tener en cuenta



que la forma en la que se reduce o aumenta un ruido es específica, ya que los ruidos no se suman de forma normal, es decir, si tenemos un ruido de 50 dB y otro de 51 dB, el resultado final no es un ruido de 101 dB, sino que sigue otro patrón que se verá a continuación.

La suma de decibelios se realiza con la siguiente tabla,

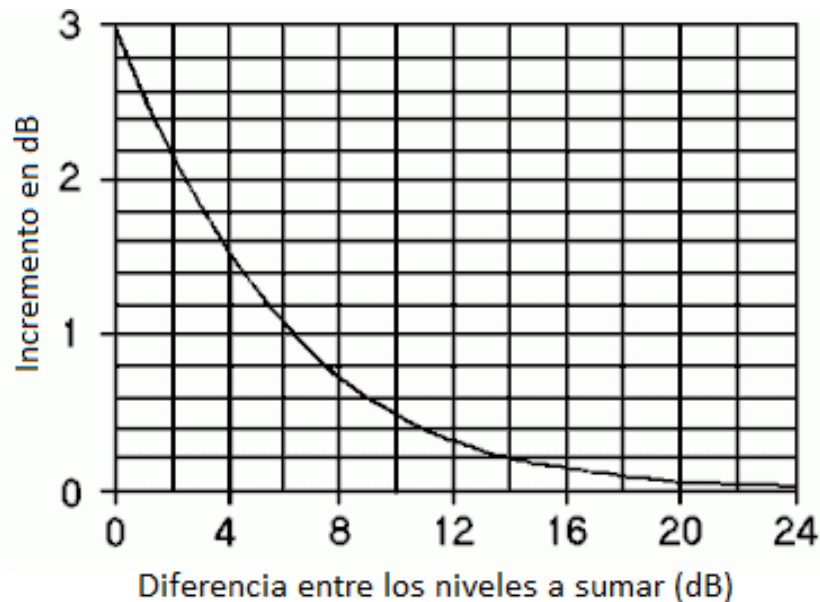


Ilustración 1. Suma de decibelios. FUENTE: equipoTontechnik

Como se puede observar, el eje de abscisas corresponde a la diferencia entre los niveles que se quieren sumar, es decir, en el caso de 50 y 51 dB, la diferencia sería de 1 dB. Por su parte, el eje de ordenadas corresponde a los decibelios que se han de añadir al mayor de los niveles que se quieren sumar. Se entra en la gráfica con la diferencia, en este caso 1 dB y se hace coincidir con la curva. Se puede observar que la diferencia de 1 dB corresponde a 2,5 dB que se deben añadir a 51 dB ya que es el nivel mayor. La suma por tanto de 50 y 51 dB sería igual a 53,5 dB.

También ocurre lo mismo con la reducción del ruido, **una reducción de 3 dB, corresponde a una reducción de la mitad de la intensidad sonora.**

Para guiarse en lo que a niveles sonoros equivale, se podrían tomar como valores de referencia los siguientes:



- **0 dB**: sonido más tenue que percibe el oído humano
- **60 dB**: conversación normal, máquina de escribir.
- **100 dB**: motosierra, martillo neumático...en este nivel, el máximo de exposición tolerable sin protección es de 2 horas al día.
- **140 dB**: explosión. El ruido causa dolor e incluso con una breve exposición se pueden dañar los oídos no protegidos. Es el máximo ruido permitido con protectores acústicos.

El R.D. 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra la exposición al ruido, establece que el nivel pico de exposición debe medirse en dB (C). Con esta consideración se van a diferenciar entre decibelio A y decibelio C.

El **dB_A** es la unidad en la que se mide el nivel de ruido (presión sonora) en la escala de ponderación A, mediante la cual, el sonido que recibe el aparato medidor, es filtrado de forma parecida a como lo hace el oído humano.

Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Nivel Total
Nivel dB	60	65	67	68	55	55	50	60	72,4 dB
Ponderación A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	67,3 dBA
Nivel dBA	33,8	48,9	58	65	55	56,2	51	58,9	

Tabla 1. Escala de ponderación A

El **dB_C** es la unidad en la que se mide el nivel de ruido (presión sonora) en la escala de ponderación C y miden exclusivamente la magnitud física del ruido.



Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L_f	85	85	87	90	90	85	82	78	$L=96$ dB
Ponderación C	-0,8	-0,2	0,0	0,0	0	-0,2	-0,8	-3	
L_c	84	85	87	90	90	85	81	75	$LC=95$ dBC

Tabla 2. Escala de ponderación C

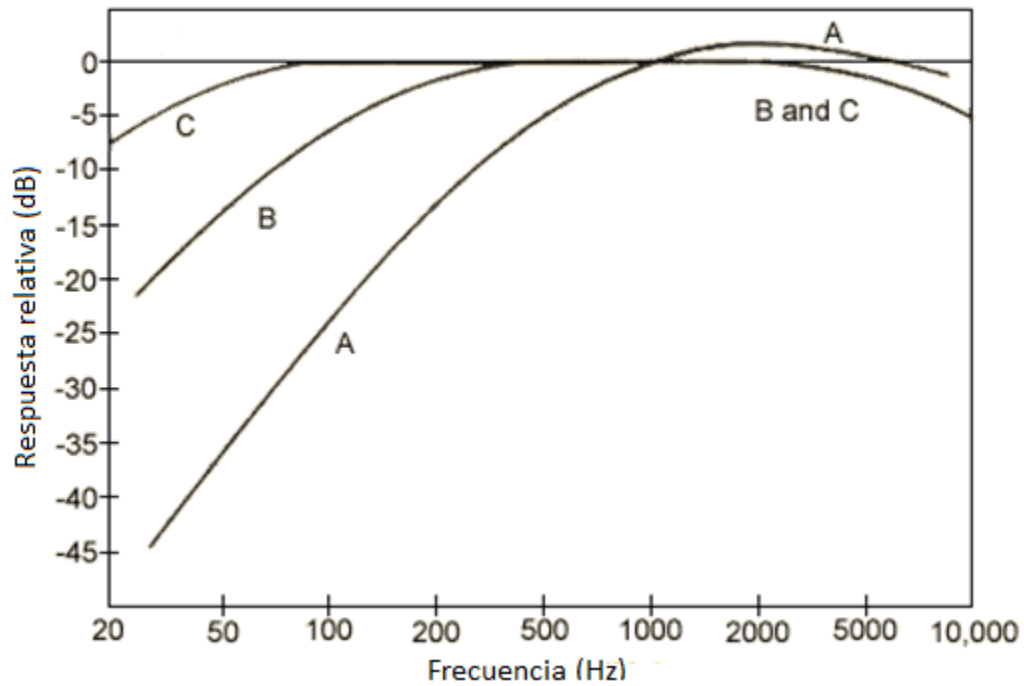


Ilustración 2. Escalas de ponderación; FUENTE: "Noise help"



Medición del ruido

Para poder realizar una evaluación adecuada del nivel de ruido que existe en centro de trabajo, es necesario la visita a cada una de las instalaciones representativas del trabajo de la misma donde se podrán tomar unos datos mediante mediciones relativas al proceso productivo como pueden ser: la maquinaria que se emplea, las diferentes fuentes de ruido que existen, el número de trabajadores expuestos, etc. Por otra parte es muy importante hacer referencia y tener en cuenta a los diferentes equipos de protección individual existentes, su nivel de atenuación y si son utilizados o no por los trabajadores.

Para la medición del ruido se realizará la medición del nivel diario equivalente de ruido existente en cada puesto de trabajo para así decidir, en función de los resultados, las medidas preventivas que se pueden llegar a adoptar. Para medir este nivel diario equivalente se podrán utilizar fundamentalmente dos instrumentos de medida:

1. **Sonómetro integrador** tipo 1 o 2 S/iec 804: puede emplearse para cualquier tipo de ruido y para medir el nivel de presión acústica continuo equivalente.
2. **Dosímetro**: puede emplearse para cualquier tipo de ruido y para medir su dosis (cantidad de ruido recibida por un trabajador, que se expresa generalmente un % de la dosis máxima (100%))

Una vez decidido el tipo de instrumento de medida a emplear se debe establecer una estrategia de muestreo para determinar el número y la duración de las medidas. El objetivo de las medidas es posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse.

La duración de las medidas debe ser representativa de las condiciones de exposición (se tomara un ciclo de trabajo o varios) y deberá permitir la determinación del nivel diario equivalente y del nivel de pico. El tamaño de la muestra se elegirá en función del número de trabajadores y de modo que exista una alta probabilidad de que, al menos, un trabajador con la exposición más alta este incluido en la misma.



Según el Real Decreto 286/2006, los métodos e instrumentos que se utilicen para la medición del ruido deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$), del nivel de pico (L_{pico}) y del nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.

Se pueden definir los niveles que se han expuesto anteriormente con la siguiente formulación, *recogida en el Real Decreto 286/2006*. Si bien la toma de medidas con el dosímetro o el sonómetro no precisan la utilización de la misma, es necesario conocer el origen de los resultados que se manejan.

- **El nivel de presión acústica L_p**

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascuales) y P es el valor eficaz de la presión acústica, en pascuales, a la que está expuesto un trabajador.

- **Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A , $L_{Aeq,T}$**

$$L_{Aq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_{t_2}^{t_1} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$

Donde $T = t_2 - t_1$ es el tiempo de exposición del trabajador al ruido.

- **Nivel de exposición diario equivalente $L_{Aeq,d}$**

$$L_{Aq,d} = L_{Aq,T} + 10 \lg \frac{T}{8}$$



Donde T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

- **Nivel de exposición semanal equivalente $L_{Aeq,s}$**

$$L_{Aq,s} = 10 \lg \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1 \cdot di}$$

Donde “m” es el número de días a la semana en que el trabajador está expuesto al ruido y $L_{Aeq,di}$, es el nivel de exposición diario equivalente al día “i”.

- **Nivel de pico L_{pico}**

$$L_{pico} = 10 \lg \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

Donde P_{pico} es el valor máximo de la presión acústica instantánea (en pascales) a que está expuesto el trabajador, y P_0 es la presión de referencia ($2 \cdot 10^{-5}$ pascales).

Valores límite de exposición

De nuevo haciendo referencia al Real Decreto 286/2006, el cual dictamina las características mínimas que se han de implementar en un centro de trabajo, se van a definir los valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

- **Valores límite de exposición:** $L_{Aeq,d} = 87$ dB (A) y $L_{pico} = 140$ dB (C).
- **Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:** $L_{Aeq,d} = 85$ dB (A) y $L_{pico} = 137$ dB (C).
- **Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:** $L_{Aeq,d} = 80$ dB (A) y $L_{pico} = 135$ dB (C).

Si en las medidas realizadas lo valores registrados superan los valores de referencia, se deberán tomar medidas preventivas para evitar una situación de riesgo para el trabajador. Las medidas a tomar consistirán en la utilización de equipos de protección



individual, en este caso protectores auditivo, así como campañas de concienciación para su uso diario en los distintos puestos de trabajo afectados.

Otras medias si no se consigue bajar el nivel equivalente diario podrían tratarse de intentar realizar los trabajos pertinentes alejados el máximo posible del foco sonoro, ya que el ruido se atenúa con la distancia. Si esto no es posible, otra medida a tener en cuenta por el centro de trabajo podría ser la sustitución de los equipos por otros similares pero los cuales trabajen a menos decibelios con el fin de bajar el nivel equivalente diario.

Por otra parte, en los lugares en los que se considere que el ruido supone una amenaza para la salud de los trabajadores y el uso de protectores auditivos sea obligatorio, se debe llevar a cabo la correcta señalización visual con el fin de informar al trabajador.



Ilustración 3. Señales visuales presentes en zonas de ruido. FUENTE: Hunosa



Acciones preventivas (RD.286/2006)	Nivel diario equivalente ($L_{Aeq,d}$)			
	≤ 80 dB(A)	> 80 dB(A) y/o > 135 dB(C) de L_{pico}	> 85 dB(A) y/o > 135 dB(C) de L_{pico}	> 87 dB(A) y/o > 140 dB(C) de L_{pico}
Información y formación a los trabajadores y/o sus representantes		Si	Si	Si
Evaluación de la exposición al ruido		Mínimo cada tres años	Mínimo anualmente	Mínimo anualmente
Protectores auditivos		Disposición para todo el personal expuesto	Disposición y uso obligado por los expuestos	Disposición y uso obligado por los expuestos
Señalización de las zonas de exposición			Si (acceso restringido si es viable)	Si (acceso restringido si es viable)
Control médico auditivo		Si (cuando exista riesgo para la salud; mínimo cada cinco años)	Si (mínimo cada tres años)	Si (mínimo cada tres años)
Programa técnico/organizativo para reducir la exposición al ruido			Si	Si
Reducción inmediata exposición al ruido y actuación para evitar nuevas exposiciones				Si (informar a los delegados de prevención)

Tabla 3. Acciones preventivas frente al ruido. FUENTE: Hunosa



El dosímetro

Como se ha visto, el dosímetro puede emplearse con cualquier tipo de ruido, por lo que será el instrumento utilizado para la realización de la toma de muestras.

Un dosímetro es un tipo especial de sonómetro integrador diseñado como equipo portátil, para que pueda ser colocado en el bolsillo del trabajador cuya exposición al ruido se desea medir.

La lectura que proporcionan los dosímetros, es la dosis de ruido que se puede definir como la cantidad de ruido recibido por un trabajador, y se expresa generalmente como un tanto por ciento de la dosis máxima (100%). Según la legislación española, el 100% de dosis equivale a un nivel diario equivalente de 90 dBA.

Al igual que sucede con el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” las dosis engloban dos conceptos: un nivel de ruido y un tiempo de exposición.

El dosímetro es sin duda el equipo ideal para la medición del ruido al que está expuesto un trabajador, en especial en aquellas tareas en que requieren la movilidad del trabajador en ambientes acústicos muy diferentes entre ellos.

Los elementos básicos que se pueden encontrar en un dosímetro vienen definidos a continuación.



Ilustración 4. Dosímetro integrador o sonómetro. FUENTE: Hunosa

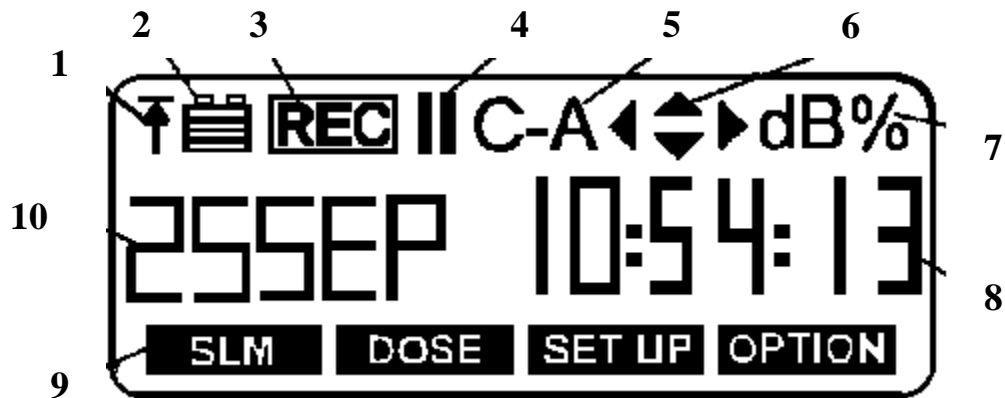


Ilustración 5. Pantalla del dosímetro. FUENTE: Hunosa

1. Sobrecarga.
2. Estado de la batería.
3. Se están registrando datos.
4. Medición en pausa.
5. Ponderación de frecuencia.
6. Teclas de opción activadas.
7. Unidades actuales.
8. Datos u horas actuales.
9. Modo actual de funcionamiento. Presionando repetidamente la tecla de menú se seleccionará cada uno de estos.
10. Identidad o fecha de la medición.

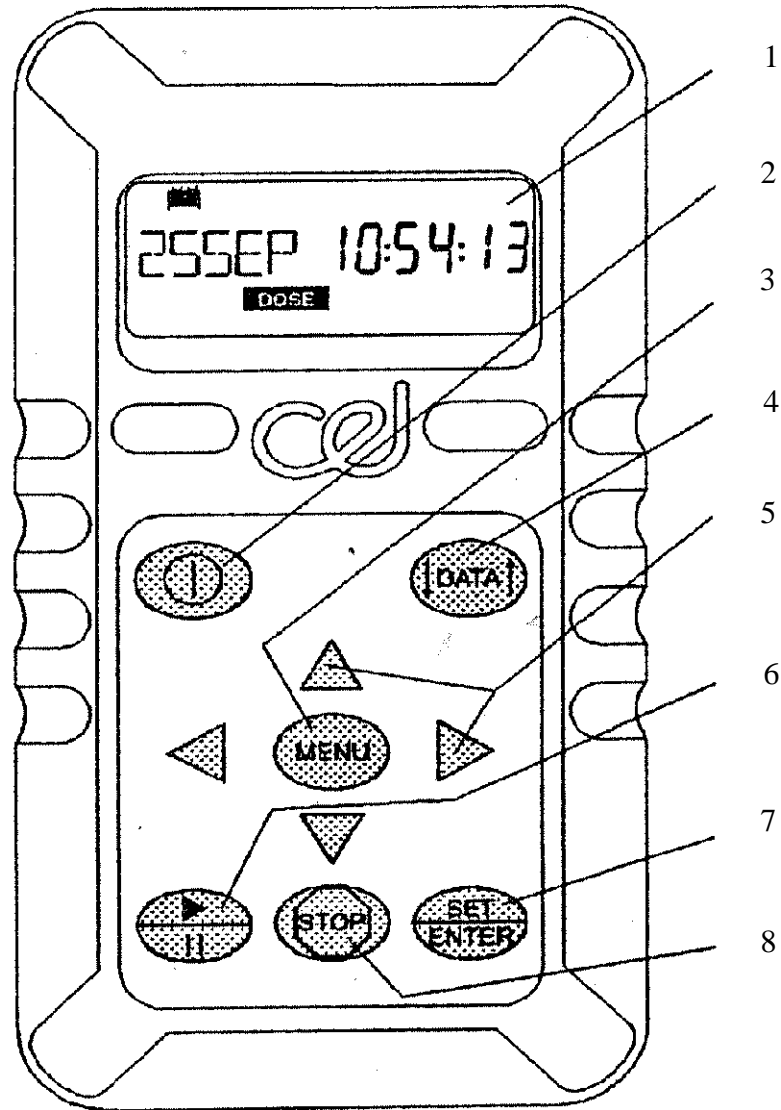


Ilustración 6. Partes del dosímetro. FUENTE: Hunosa

1. Pantalla
2. Interruptor ON/OFF
3. Cambia el modo operativo
4. Accede a los datos guardados
5. Selecciona las operaciones activadas desde el modo operativo actual
6. Inicia/ Pausa/ Reinicia un registro de medición
7. Confirma las acciones de otras teclas
8. Detiene una medida cuando va seguido del anterior botón



El sonómetro

El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora. En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio.

Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica, hay que tener en cuenta que es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental, se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes.



Ilustración 7. Sonómetro. FUENTE: Hunosa



Caso de estudio

La actual normativa de la empresa requiere la supervisión de los niveles de ruido presentes en diferentes labores de la misma con una periodicidad en función del ruido existente en el lugar de trabajo. A partir de la evaluación inicial de cada puesto de trabajo, se llevarán a cabo controles periódicos para verificar que los trabajadores se encuentran en condiciones seguras. Aquellos se realizan como mínimo anualmente en los puestos de trabajo en los que el nivel diario equivalente o el nivel pico superen los 85 dB o los 140 dB, respectivamente, o cada tres años, si no sobrepasan dichos niveles, pero el nivel diario equivalente supera los 80 dB. Independientemente de esta periodicidad establecida, se realizarán evaluaciones adicionales cuando:

- Se produzcan cambios en los puestos de trabajo o en la maquinaria o equipos de trabajo existentes.
- Se detecten daños o anomalías en la salud de los trabajadores.
- La dirección o los trabajadores lo crean oportuno por alguna razón justificada.
- Se cree un nuevo puesto de trabajo.

En este sentido se realizarán medidas del nivel sonoro en distintos puntos de la empresa para así evaluar el ruido al que se pueden ver expuestos los diferentes trabajadores.

Las mediciones que se realizarán son las siguientes:

- Lavadero Batán
- Escombrera Figaredo
- Pozo San Nicolás (área Sueros)

De esta forma, con estas medidas se engloban todos los tipos de trabajo que puede contemplar la empresa a excepción de las oficinas centrales donde el ruido no supera en ningún caso los 80 dB, por tanto no será necesaria su vigilancia y medición.



Las áreas elegidas son zonas de trabajo en las que la actividad laboral puede implicar ruidos molestos y desagradables, llegando a poder ser perjudiciales para la salud de los trabajadores. La maquinaria presente en mayor medida en los pozos o bien en la escombrera, harán de estos los puestos con más riesgo de contaminación acústica.

Según el Real Decreto 286/2006, el número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrás que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de estas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en dicho real decreto.

Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse:

- a) Por suponer que se supera dicho límite o nivel
- b) Por incrementar el número de mediciones y/o duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.



Parte experimental

Mediciones

Se procederá a la toma de muestras del ruido en distintos ambientes de la empresa, para posteriormente poder analizar los resultados y comprobar si se ajustan a lo establecido por el Real Decreto 286/2006, en cuanto a la normativa de seguridad de los trabajadores con respecto a su exposición al ruido.

En este caso las tomas de muestras se han realizado en 3 localizaciones representativas de la totalidad de labores realizadas en Hunosa: pozo San Nicolás, Lavadero Batán y escombrera de Figaredo.

Preparación de equipos

El instrumento de medida que se vaya a emplear se debe configurar antes y después de la medida. Esta configuración debe llevarse a cabo según las instrucciones del fabricante. La calibración total del instrumento solo puede hacerse en un laboratorio que esté acreditado a tal fin y se realizará cada año.

Para comenzar con las pertinentes medidas, se debe realizar en primera instancia la configuración de los equipos antes de su utilización. Esta configuración se ha de realizar en una oficina que contenga el programa de uso del dosímetro, ya que es necesaria la modificación de algunos parámetros, la creación de una nueva configuración, y la comprobación mediante dicho programa. En este caso, la configuración se ha realizado en las instalaciones de Hunosa.

Para crear una nueva configuración se comenzará con la apertura del *programa DB12*. Una vez abierto el programa, en la pestaña “Archivo” se seleccionará una nueva configuración para 420/460.

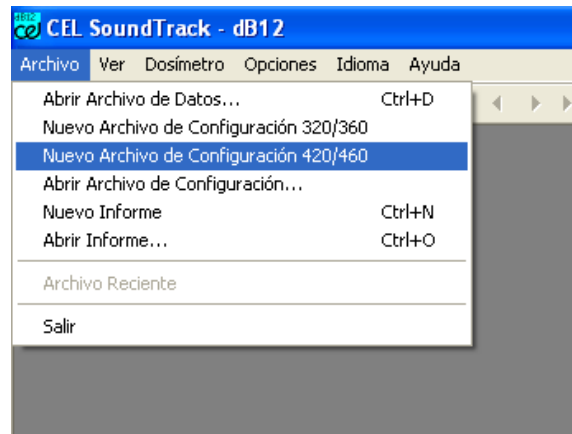


Ilustración 8. Creación de nuevo archivo de configuración

Cuando se ha seleccionado la acción indicada, aparecerá una pantalla en la que se podrá seleccionar la configuración que se desea. Para crear una nueva configuración, se debe de partir de una de referencia para poder modificarla. En este caso se seleccionará la ISO 90 en la pestaña con el nombre “por defecto” y luego dicha configuración se debe guardar en un sitio vacío de todos los que hay.



Ilustración 9. Selección de una nueva configuración

A continuación se selecciona el botón de “Editar” y se confirma que se quiere continuar cuando salga el mensaje de aviso en la pantalla. Esto hará que aparezca una pantalla de edición donde hay diferentes pestañas que se pueden modificar.

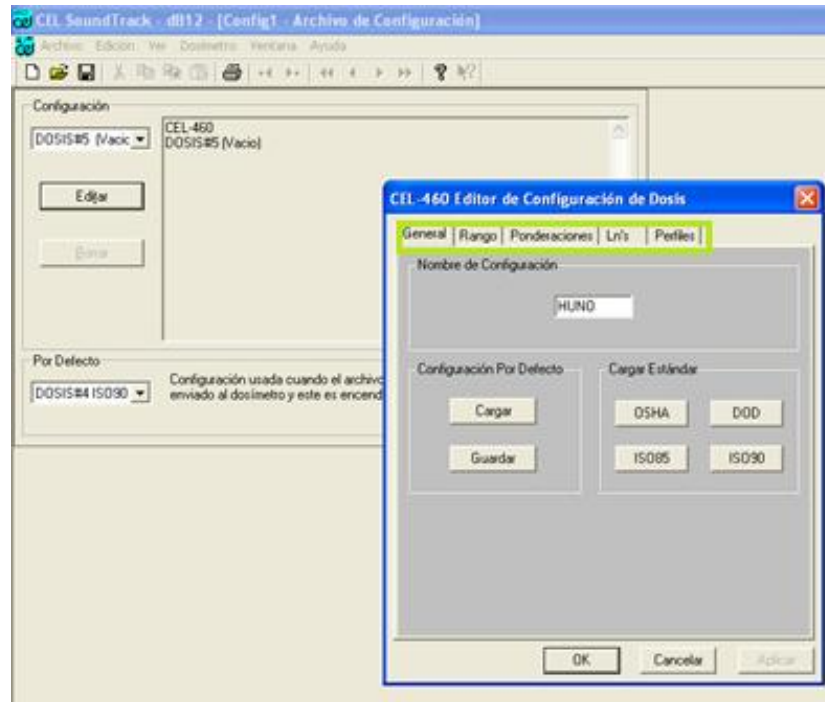


Ilustración 10. Pantalla de ajuste de diferentes parámetros

Como se puede observar, en la barra que aparece marcada de verde, aparecen diferentes pestañas las cuales son todas modificables. Y se pueden ver a continuación:

- **General:** en esta pestaña se modificará el nombre del archivo, con un máximo de 4 caracteres. También se cargará la configuración ISO90 de nuevo.
- **Rango:** en esta pestaña se selecciona el rango de decibelios en el que se trabajará. Esto dependerá del rango en el que se espera que esté comprendido el sonido que se va a medir. En este caso, para las mediciones que se realizarán, las cuales no van a estar por debajo de los 70 dB, se seleccionará el rango 70-140 dB.
- **Ponderaciones:** en esta pestaña se van a modificar los siguientes parámetros:
 - Numero de umbrales → 1
 - Factores W → 3
 - Funciones Rms → A
 - Función pico → C



- Ponderaciones de tiempo → Fast
- Ajuste umbral 1 → 80 dB
- Ajuste umbral 2 → Noda
- Ajuste criterio → 87 dB

La ponderación de tiempo puede ser "Slow" o bien "Fast" como en este caso. Estas ponderaciones temporales indican la velocidad con que el sonómetro sigue las fluctuaciones del ruido y corresponden con unos tiempos de integración de 250 milisegundos en el caso de "fast" y 1 segundo en el caso de "slow".

- **Ln's:** en esta pestaña no es necesario modificar ningún valor, de dejarán los que vienen por defecto en la misma.
- **Perfiles:** se seleccionarán los perfiles que se desean obtener a la salida de los datos una vez realizadas las mediciones, así como la duración de la muestra. En este caso se deberán saber la Leq y la CPEAK, por lo que se seleccionarán estas dos funciones. Por otra parte la duración de la muestra se configurará durante un minuto. Esto quiere decir que la gráfica dará resultados o mediciones durante cada minuto mientras dure la muestra.

Una vez realizadas todas las modificaciones necesarias se aceptará pulsando el botón "OK" y se guardarán los cambios en el directorio que se prefiera.

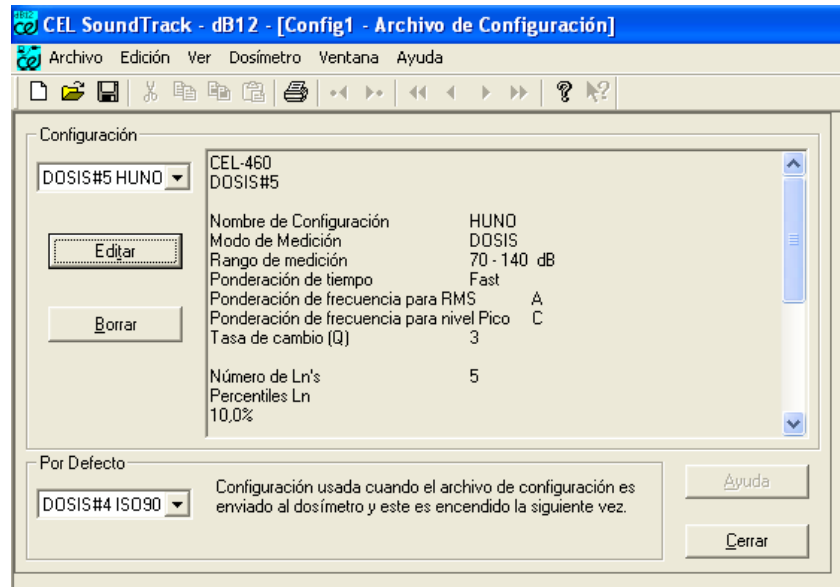


Ilustración 11. Tabla resumen de la nueva configuración

El siguiente paso es el de cargar la configuración que se acaba de elaborar al dosímetro que se elija. Para ello habrá que conectar el mismo al ordenador mediante el cable de conexión. Hay que asegurarse que al conectar cualquier cable al dosímetro este permanezca apagado, de lo contrario, podría dar lugar a fallos internos.

Una vez conectado, se procede a encender el dosímetro y se espera hasta que por pantalla salga el mensaje “COMMS IN”, lo que quiere decir que ya está listo para la recepción de datos. A partir de este momento se sigue la ruta “*Dosímetro >> Control (cargar configuración a CEL – 420/460 >> Enviar*” y se abre el archivo anteriormente creado que se ha guardado en el lugar seleccionado.

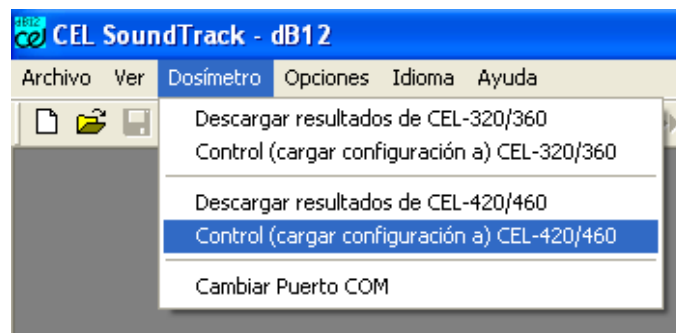


Ilustración 12. Cargar la configuración en el dosímetro



Una vez realizada la configuración con el programa informático, habrá que pasar a la calibración utilizando un *calibrador acústico o pistófono*. Este calibrador es un instrumento que se utiliza para asegurar el buen funcionamiento de un sonómetro. Funciona generando un tono estable de nivel a una frecuencia predeterminada. La lectura que realiza el sonómetro se debe hacer coincidir con el nivel que genera el pistófono.

Se debe ajustar el micrófono que se proporciona con el calibrador, asegurándose de que esté firmemente introducido en el contacto con el hombro del hueco del adaptador. Después de esto se ajusta el adaptador junto con el micrófono al calibrador, asegurándose de nuevo que esté firmemente introducido en el contacto con el hombro del calibrador.

Una vez ajustado todo, se procede a encender el equipo seguido del calibrador. El equipo debe recibir 114 dB a una frecuencia de 1 kHz por parte del calibrador, por tanto si en la pantalla los dB registrados no coinciden con esta cantidad, habrá que ajustarlo manualmente como ocurre la mayoría de las veces.



Ilustración 13. Calibrador acústico o pistófono. FUENTE: Hunosa



Metodología de toma de muestras

Los instrumentos que se utilizan para la medición del nivel de ruido (Nivel de presión sonora) se denominan de forma genérica como *sonómetros*.

Cuando interesa conocer el ruido promediado durante un tiempo determinado, se utilizan *sonómetros integradores o dosímetros*. Estos últimos están diseñados para que los transporte la persona expuesta mientras realiza su trabajo.

Hay que tener en cuenta que las mediciones de ruido deben de llevarse a cabo de forma que los resultados sean representativos de la verdadera exposición de los trabajadores. Esto hace que el lugar y el tiempo de la medición sean condicionantes en la toma de muestras de ruido. También, como se ha comentado con anterioridad se han de tener en cuenta las labores que se están realizando, es decir la división de tareas, ya que no supondrá el mismo nivel sonoro cada puesto de trabajo.

Para realizar correctamente la mediciones del ruido con un dosímetro, se le instalará al operario, colocándole el micrófono a la altura del pabellón auricular y se le mantendrá en funcionamiento durante un tiempo T (representativo de toda la jornada laboral), admitiéndose que el resto de la jornada estará sometido al mismo nivel de ruido, o bien durante toda la jornada laboral, que será el caso que se utilizará en esta ocasión.



Lavadero Batán

Análisis del trabajo

Hunosa cuenta con una estación de tratamiento de carbón con capacidad para preparar 400 toneladas de mineral cada hora. El Lavadero Batán está localizado en Mieres y trata toda la producción de la compañía. Se encuentra en funcionamiento desde 1953 y, después de sucesivas remodelaciones, cuenta con un proceso de trabajo y control completamente automatizado.

Existen numerosos posibles puestos de trabajo en el Lavadero de los cuales algunos de ellos no serán puestos potenciales para la medición del ruido. Las actividades que se medirán se exponen a continuación, ordenadas según el día de medición:

- Vía seca
- Lavadero
- Vía seca 2
- Laboratorio
- Servicio eléctrico
- Lavadero 2
- Vía seca (zona sueros)
- Vigilancia
- Depuradora



Selección de una estrategia de medición

La estrategia de medición en este caso consistirá en la colocación del dosímetro a cada uno de los trabajadores cuyos puestos de trabajo se van a ver evaluados, intentando que las muestras sean lo más representativas posibles. Una vez finalizada la jornada de trabajo, los equipos serían retirados para la descarga de datos y su posterior estudio.

Mediciones

Al no disponer de dosímetros suficientes para todos los puestos evaluados, las mediciones se han realizado en distintos días, utilizando un total de 4 dosímetros para las mismas.

Se muestra a continuación la configuración básica de los equipos la cual será común para todos ellos.

Información de configuración	
Nombre de Configuración	BATAN
Número de modelo de dosímetro	CEL-462 Versión 1.04
Ponderación de frecuencia para RMS	A
Ponderación de frecuencia para nivel Pico	C
Ponderación de tiempo	Fast
Rango de medición	70 - 140 dB

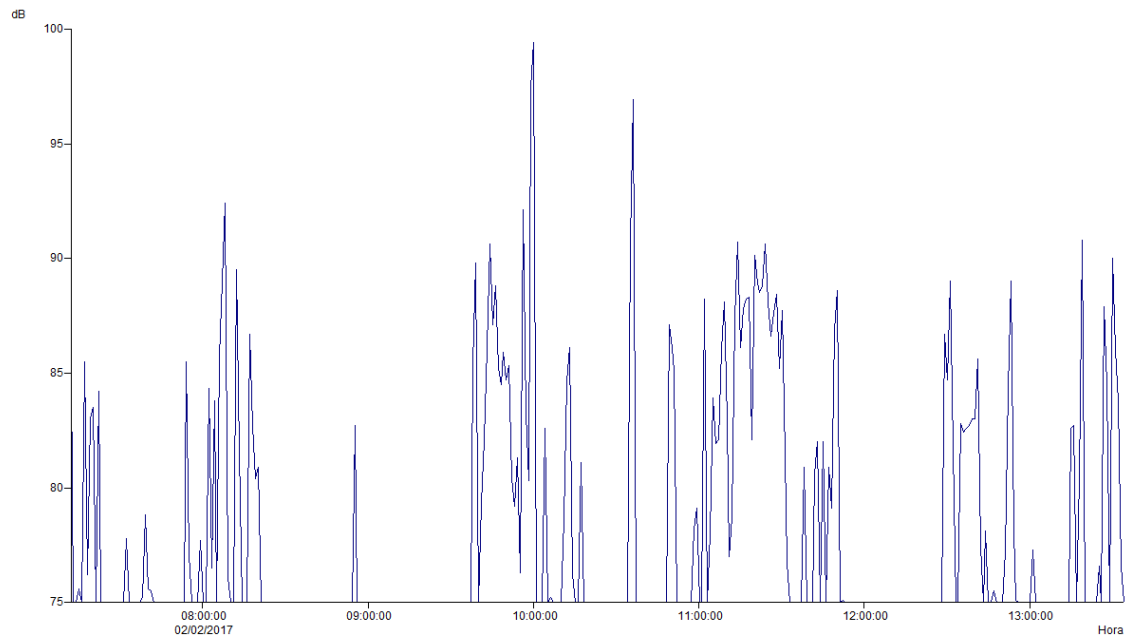


▪ Vía seca

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	02/02/2017	07:12:00	
Fin de la medición	02/02/2017	13:35:00	
Duración de la medición			06:23:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	81,4 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	82,4 dB $Q = 3$	
Nivel pico límite	129,5 dB	10:36:07

Cursor1: 02/02/2017 12:12:00 [dBs] ---
Cursor2: 02/02/2017 13:34:00 [dBs] ---
Duración: 01:23:00 Indicadores --- Umbral: 70 dB Escala: 1:1



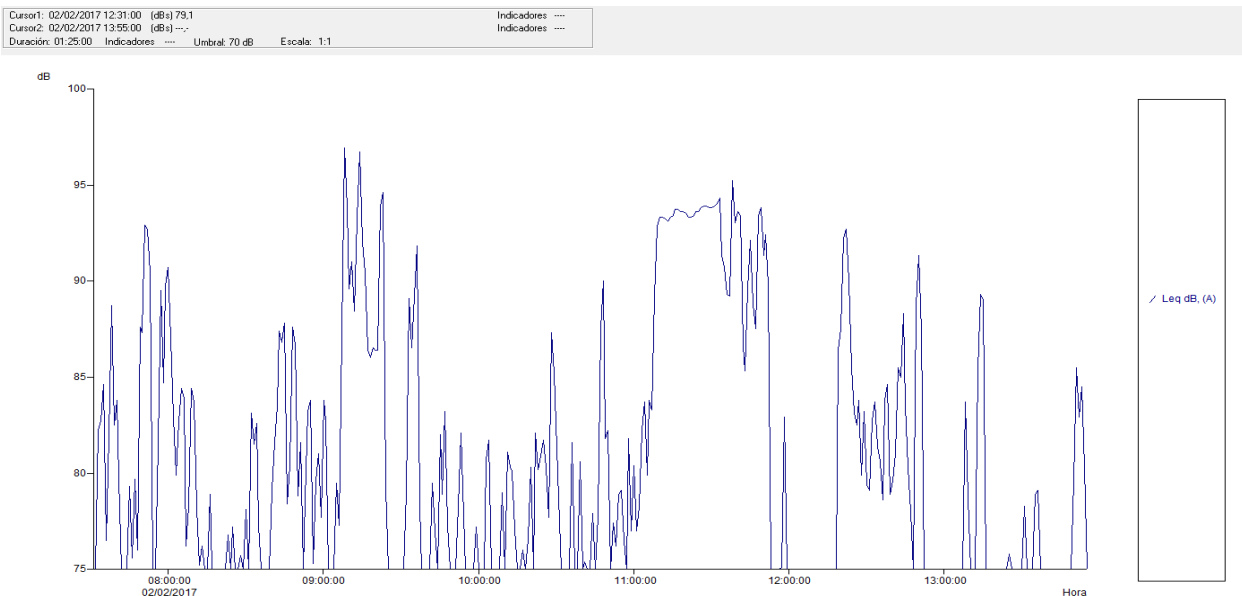


▪ **Lavadero**

El edificio Lavadero es el edificio principal de la instalación, donde se efectúa el tratamiento del carbón en bruto. La instalación está formada (desde la cota más baja a la más alta) por: bombas, cargue y compresor, sala de bombas, control de motores, molino, taller eléctrico, cribas de clasificación de menudo y de carbón menudo, separadores magnéticos, cribas de clasificación primaria, acondicionador, ciclones menudo.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	02/02/2017	07:31:00	
Fin de la medición	02/02/2017	13:56:00	
Duración de la medición			06:25:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	85,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	86,2 dB Q = 3	
Nivel pico límite	129,1 dB	11:51:03



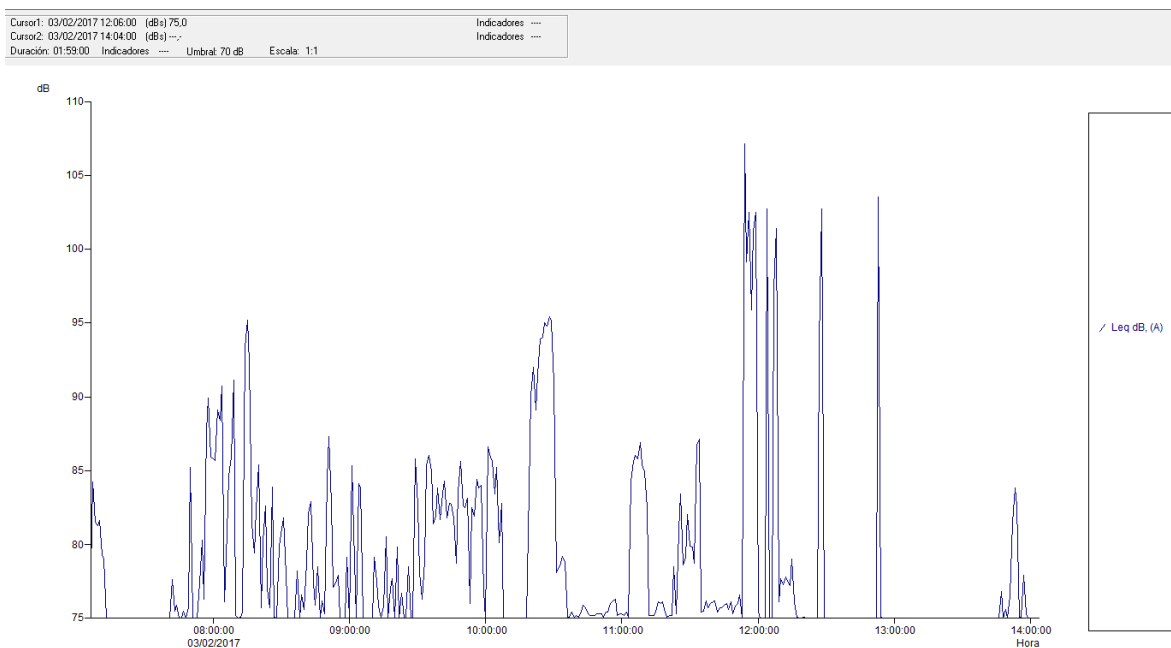


▪ **Vía seca Sueros (corte en seco sueros)**

Nave de estructura metálica, para la separación de finos de carbón mediante cribado, subdividida en 5 niveles. Esta unida al edificio de Sueros por galerías por las que discurren cintas transportadoras.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	03/02/2017	07:06:00	
Fin de la medición	03/02/2017	14:05:00	
Duración de la medición			06:59:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	87,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	87,9 dB Q = 3	
Nivel pico límite	139,0 dB	12:53:38





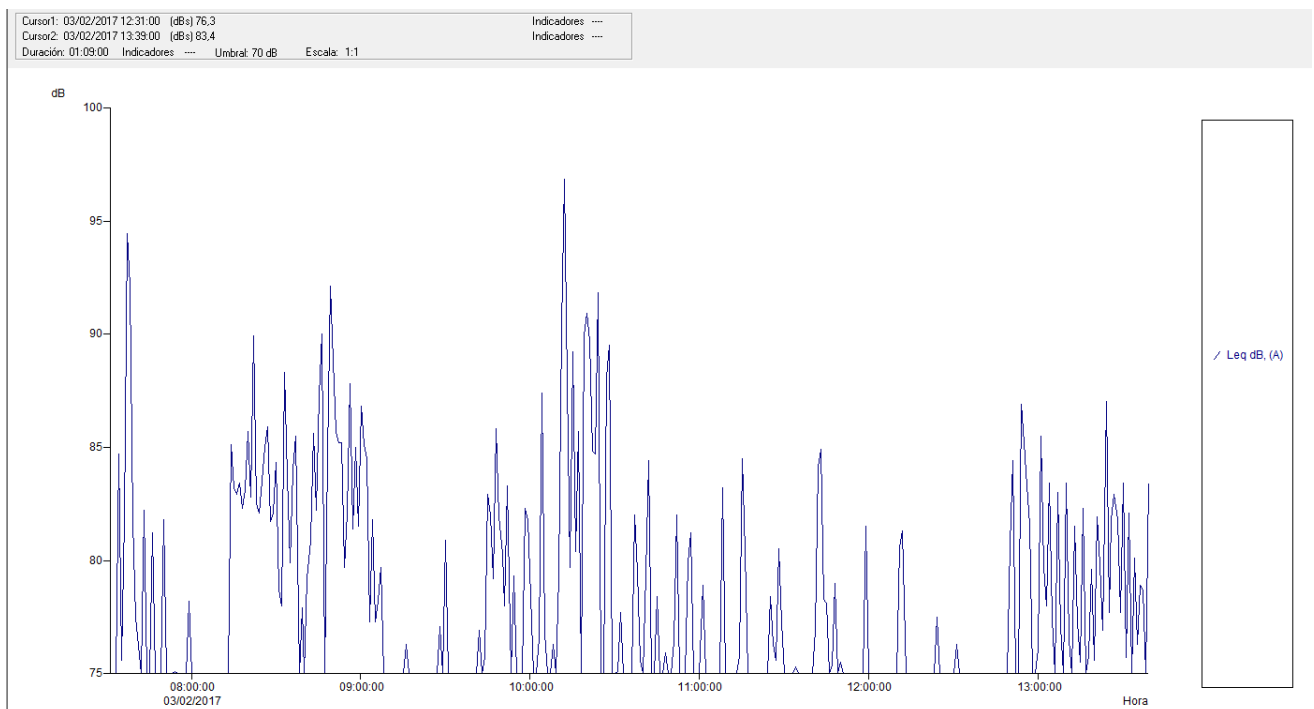
▪ **Laboratorio**

El laboratorio se encuentra situado anexo al edificio del Lavadero y tiene dos plantas:

1. Zona de molino y secado de muestras.
2. Oficina y zona de muflas. Secado, quemado.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	03/02/2017	07:31:00	
Fin de la medición	03/02/2017	13:40:00	
Duración de la medición			06:09:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	80,2 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	81,3 dB Q = 3	
Nivel pico límite	129,3 dB	13:07:25



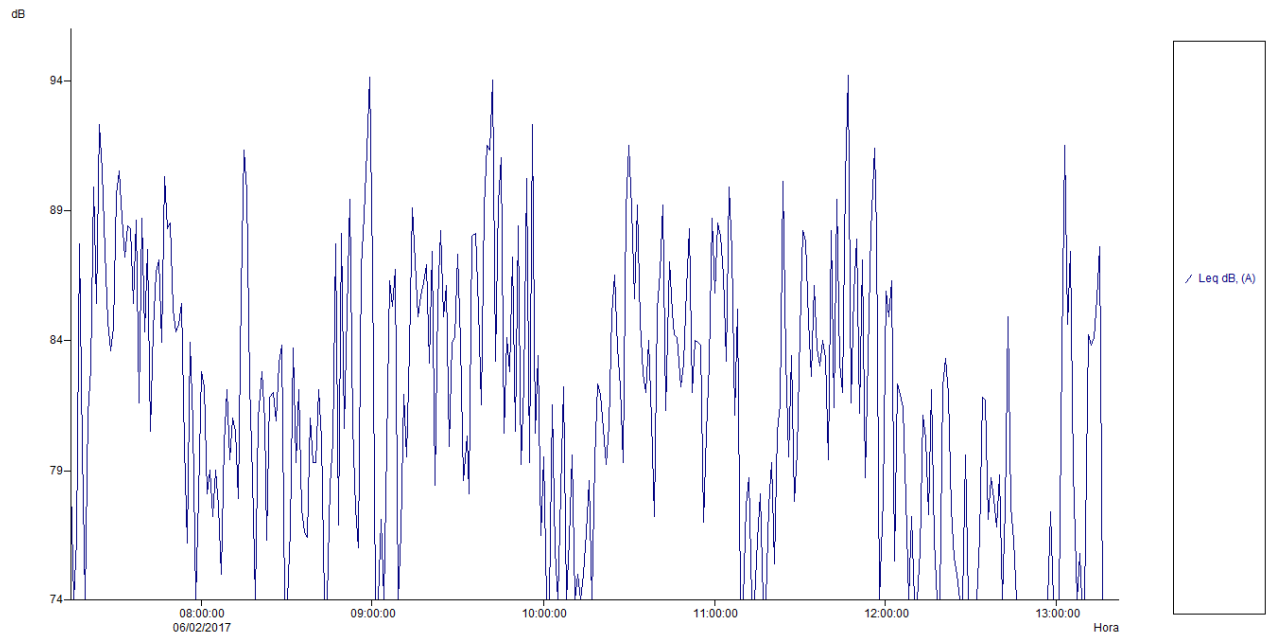


▪ **Servicio eléctrico**

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	06/02/2017	07:14:00	
Fin de la medición	06/02/2017	13:23:00	
Duración de la medición			06:09:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	83,4 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	84,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	130,7 dB	08:48:20

Cursor1: 06/02/2017 12:14:00 (dBs) 80,2
Cursor2: 06/02/2017 13:22:00 (dBs) ---,
Duración: 01:09:00 Indicadores --- Umbral: 70 dB Escala: 1:1

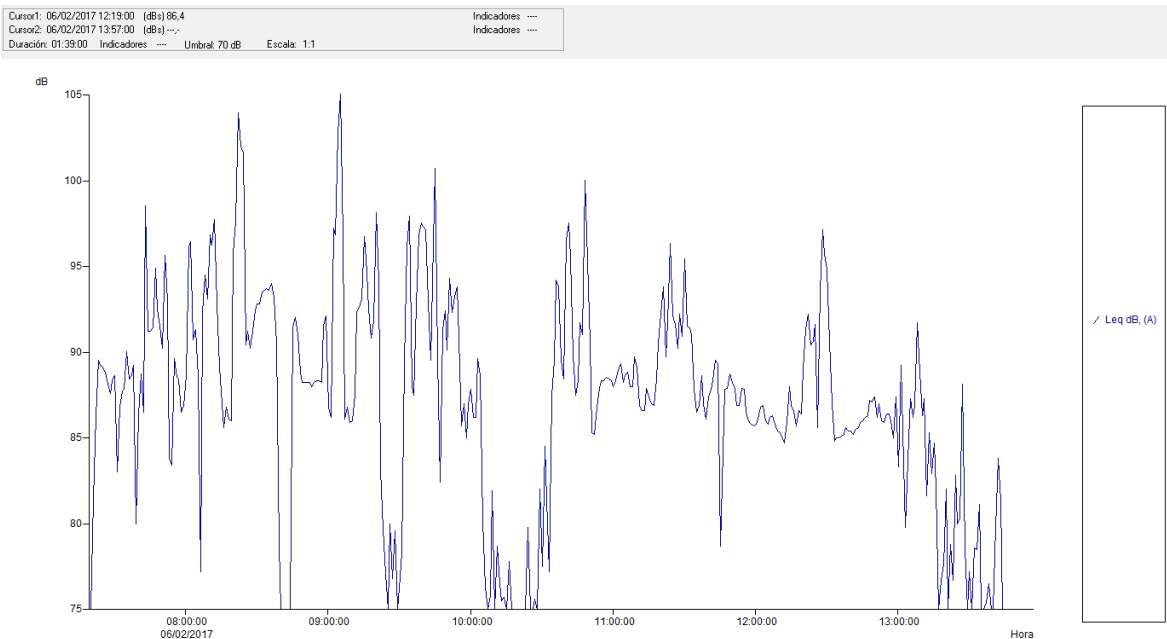




▪ **Lavadero 2**

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	06/02/2017	07:19:00	
Fin de la medición	06/02/2017	13:58:00	
Duración de la medición			06:39:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	90,2 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	91,0 dB $Q = 3$	
Nivel pico límite	134,2 dB	09:04:50



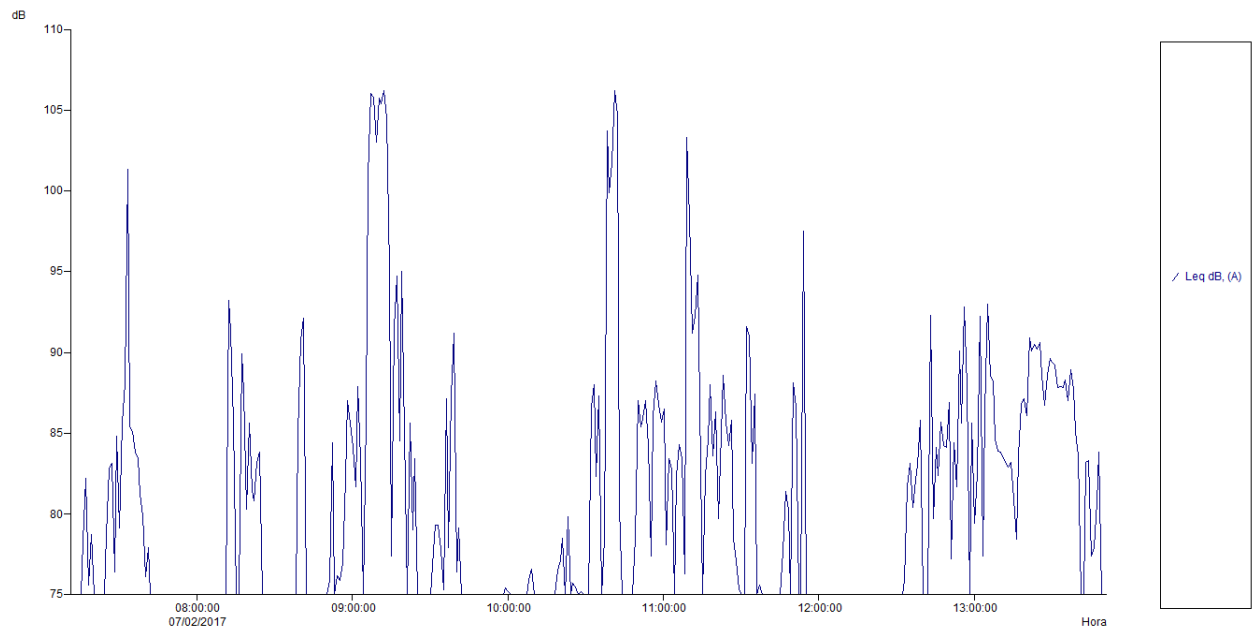


▪ **Vía seca 2**

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	07/02/2017	07:11:00	
Fin de la medición	07/02/2017	13:52:00	
Duración de la medición			06:41:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	90,2 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	91,0 dB Q = 3	
Nivel pico límite	148,8 dB	11:54:22

Cursor1: 07/02/2017 12:11:00 (dBs) ---
Cursor2: 07/02/2017 13:51:00 (dBs) ---
Duración: 01:41:00 Indicadores: 0--- Umbral: 70 dB Escala: 1:1



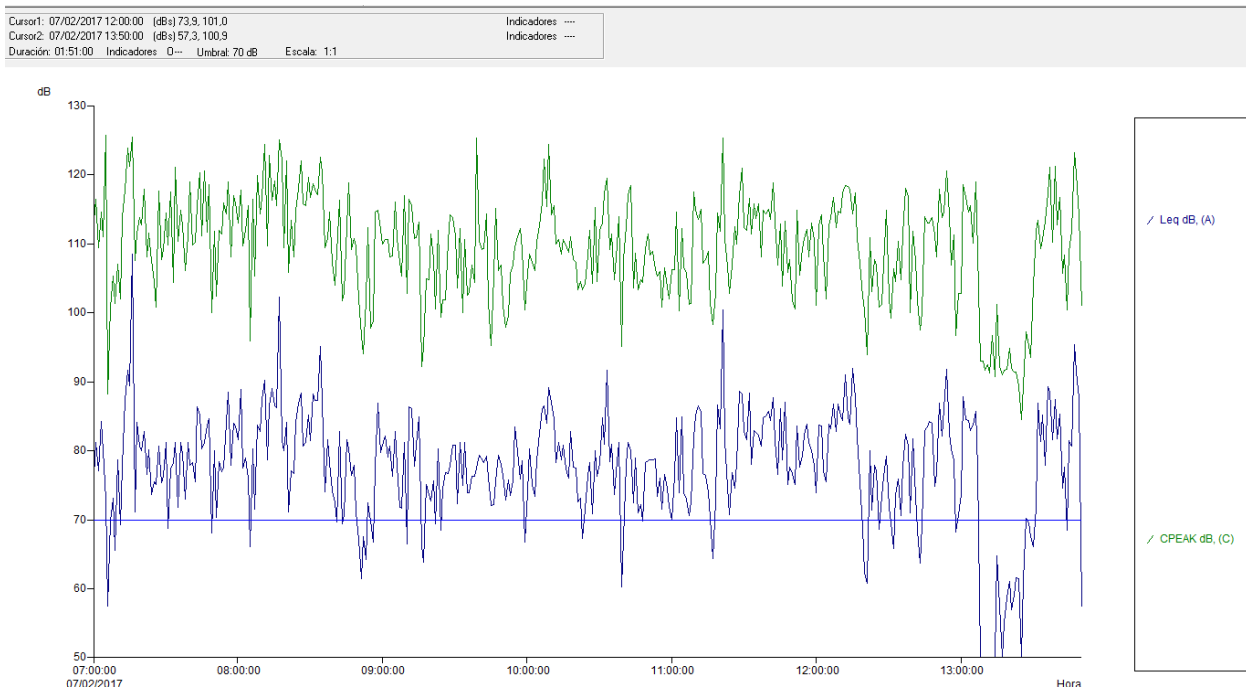


▪ **Vigilancia**

Se trata de una caseta de vigilancia situada a la entrada de las instalaciones. Es una edificación de escaso tamaño y planta baja.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	07/02/2017	07:00:00	
Fin de la medición	07/02/2017	13:51:00	
Duración de la medición			06:51:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	85,4 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	86,1 dB Q = 3	
Nivel pico límite	125,6 dB	07:05:01





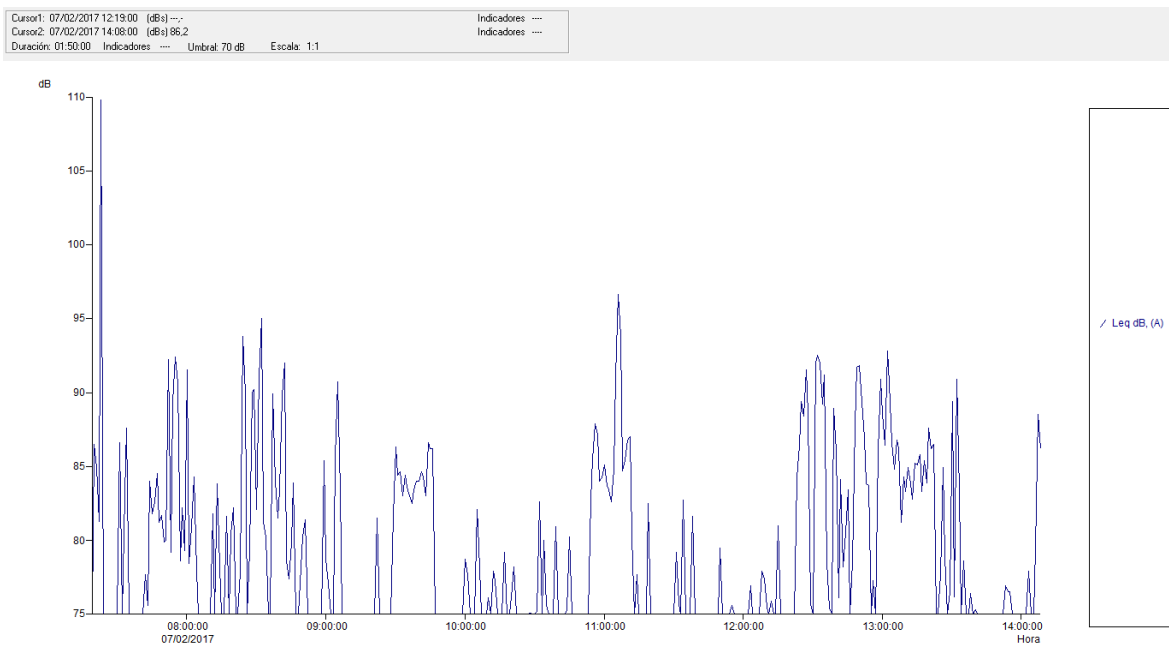
▪ **Depuradora**

Instalación de tratamiento de aguas procedentes del edificio del lavadero. Tiene dos plantas:

1. Planta baja: compresor. Subestación. Bombas, cintas filtros.
2. Planta 1^a: cuadro mandos. Filtros prensa.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	07/02/2017	07:19:00	
Fin de la medición	07/02/2017	14:09:00	
Duración de la medición			06:50:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	85,8 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	86,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	134,8 dB	07:23:40





La tabla resumen con todos los puestos evaluados, así como en nivel equivalente diario y el nivel pico, se recogen a continuación.

LAVADERO BATAN		
	$L_{Aeq,d}$	L_{pico}
Vía seca	81,4	129,5
Lavadero	85,3	129,1
Vía seca (sueros)	87,3	139,0
Laboratorio	80,2	129,30
Servicio eléctrico	83,4	130,7
Lavadero 2	90,2	134,2
Vía seca 2	90,2	148,8
Vigilancia	85,4	125,6
Depuradora	85,8	134,8



Escombrera Figaredo

Análisis del trabajo

La escombrera del pozo Figaredo situada en Mieres, han constituido el depósito de los materiales estériles procedentes de las labores de avance y galerías de interior y del tratamiento de los carbones brutos en los lavaderos durante el periodo de casi un siglo de actividad minera. Recientemente, estos residuos mineros han ido siendo aprovechados por la central térmica de La Pereda por lo que la actividad a lo largo de una jornada laboral cuenta con la utilización de maquinaria diversa con su consecuente contaminación acústica.

Los puestos de trabajo existentes en la escombrera y los que se han evaluado acústicamente son los siguientes,

- Bulldozer
- Bulldozer-lagarto
- Camión cuba
- Camión
- Pala
- Motoniveladora
- Pala-criba
- Retroexcavadora
- Retroexcavadora-bulldozer



Selección de una estrategia de medición

En la escombra, la utilización continua de maquinaria por parte de los trabajadores imposibilita acompañar al operario durante la toma de muestras de ruido durante la jornada laboral. Por tanto, se procedió a la colocación de los dosímetros a cada uno de los operarios para que realizasen las medidas durante la jornada completa ese día. Asimismo al finalizar dicha jornada se procedió a la retirada de los equipos para la descarga de datos en el ordenador.

Mediciones

Primero se expondrá la información sobre la configuración de los dosímetros para la medida. Como en el caso anterior, al requerirse un número de dosímetros superior al que se tiene para las mediciones, estas se han realizado en distintos días.

Información de configuración	
Nombre de Configuración	FIGAR
Número de modelo de dosímetro	CEL-462 Versión 1.04
Ponderación de frecuencia para RMS	A
Ponderación de frecuencia para nivel Pico	C
Ponderación de tiempo	Fast
Rango de medición	50 - 120 dB



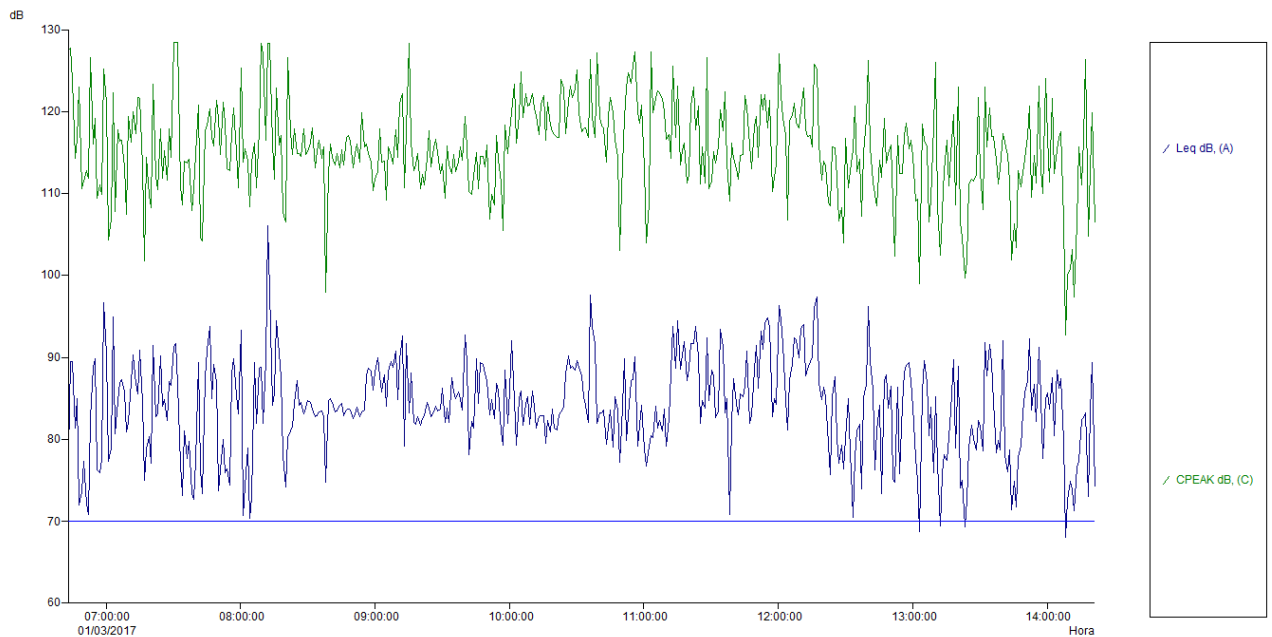
▪ **Bulldozer**

El Bulldozer es una máquina de excavación y empuje compuesta de un tractor sobre dos ejes con neumáticos y chasis rígido o articulado y una cuchilla horizontal perpendicular al eje longitudinal del tractor situada en la parte delantera del mismo.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	01/03/2017	06:43:00	
Fin de la medición	01/03/2017	14:22:00	
Duración de la medición			07:39:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	87,6 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	87,8 dB $Q = 3$	
Nivel pico límite	128,4 dB	07:30:38

Cursor1: 01/03/2017 11:43:00 (dBs) 85,5, 114,6 Indicadores: ----
Cursor2: 01/03/2017 14:21:00 (dBs) 74,2, 106,4 Indicadores: ----
Duración: 02:39:00 Indicadores: 0--- Umbral: 70 dB Escala: 1:1



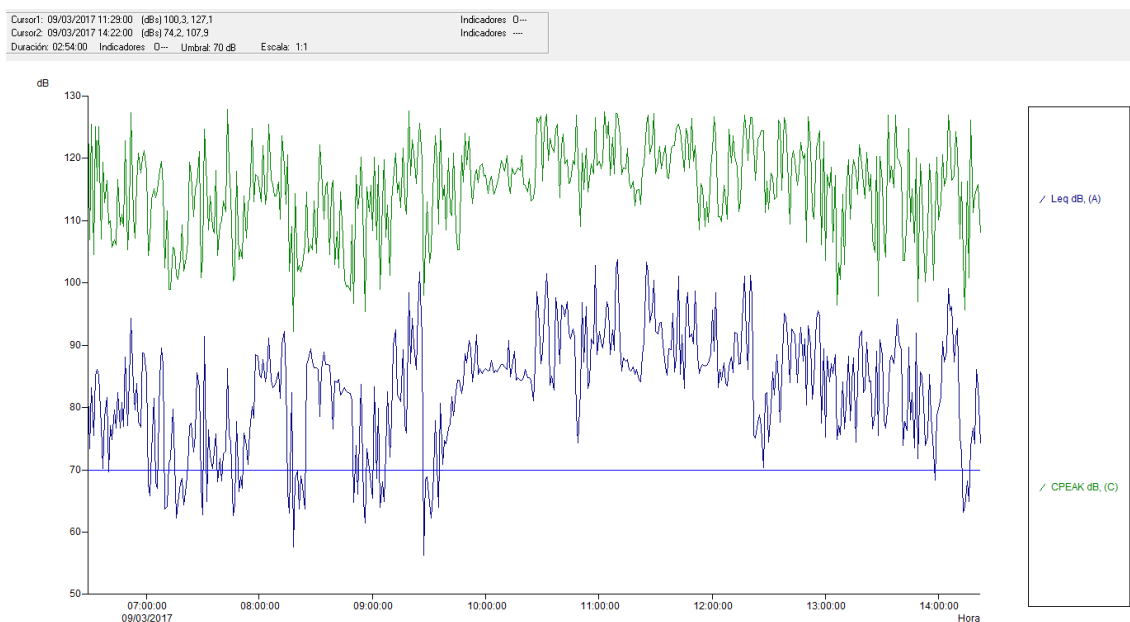


▪ **Bulldozer-largarto**

Similar a la anterior, solo cambia el soporte que en este caso es sobre orugas. Es la maquina ideal para trabajar en vertederos y se encarga de empujar el material transportado hasta dicha zona para su correcta distribución y acopio.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	09/03/2017	06:29:00	
Fin de la medición	09/03/2017	14:23:00	
Duración de la medición			07:54:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	90,1 dB	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	90,2 dB $Q = 3$	
Nivel pico límite	127,8 dB	07:43:05,00



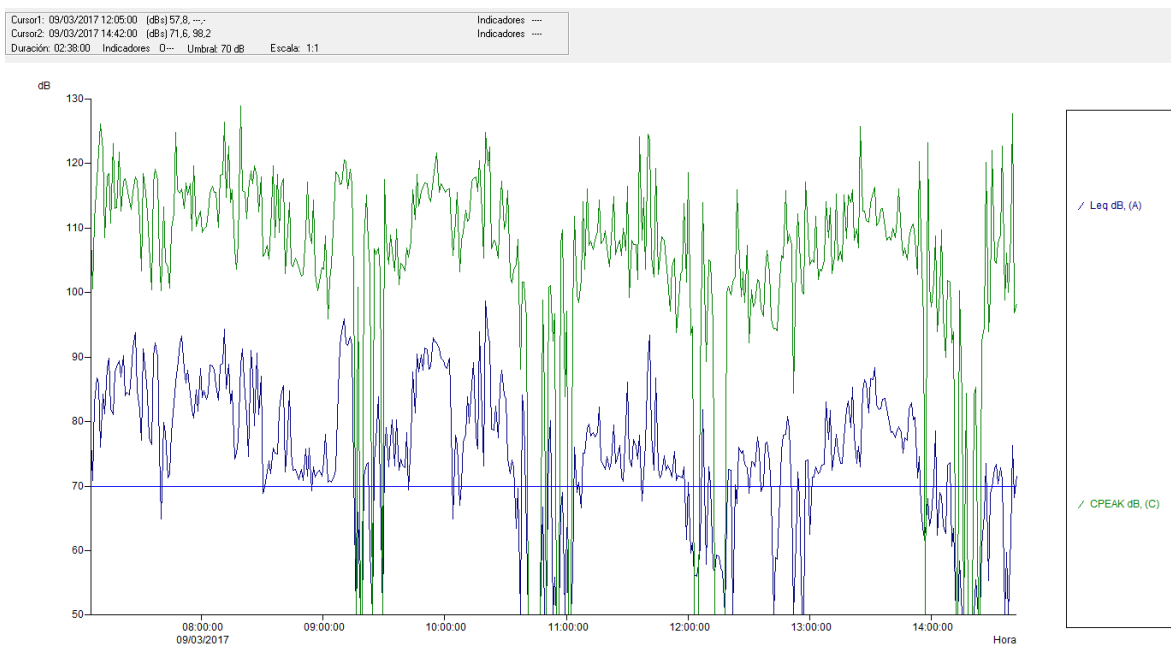


▪ **Camión cuba**

Es una de las muchas variedades de camión que sirve tanto para el transporte de líquidos como para su mantenimiento por tiempo prolongado según sus características.

Información de tiempo de registro			
	Fecha	Hora	Duración
Inicio de la medición	09/03/2017	07:05:00	
Fin de la medición	09/03/2017	14:43:00	
Duración de la medición			07:38:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria $L_{ep,d}$	83,7	
Nivel sonoro equivalente L_{eq}	83,9 dQ = 3	
Nivel pico límite	128,8	08:19:52





▪ **Camión**

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	09/03/2017	07:45:00	
Fin de la medición	09/03/2017	14:00:00	
Duración de la medición			06:14:58,24

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	76,4 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	77,4 dB Q = 3	
Nivel pico límite	125,9 dB	08:29:30



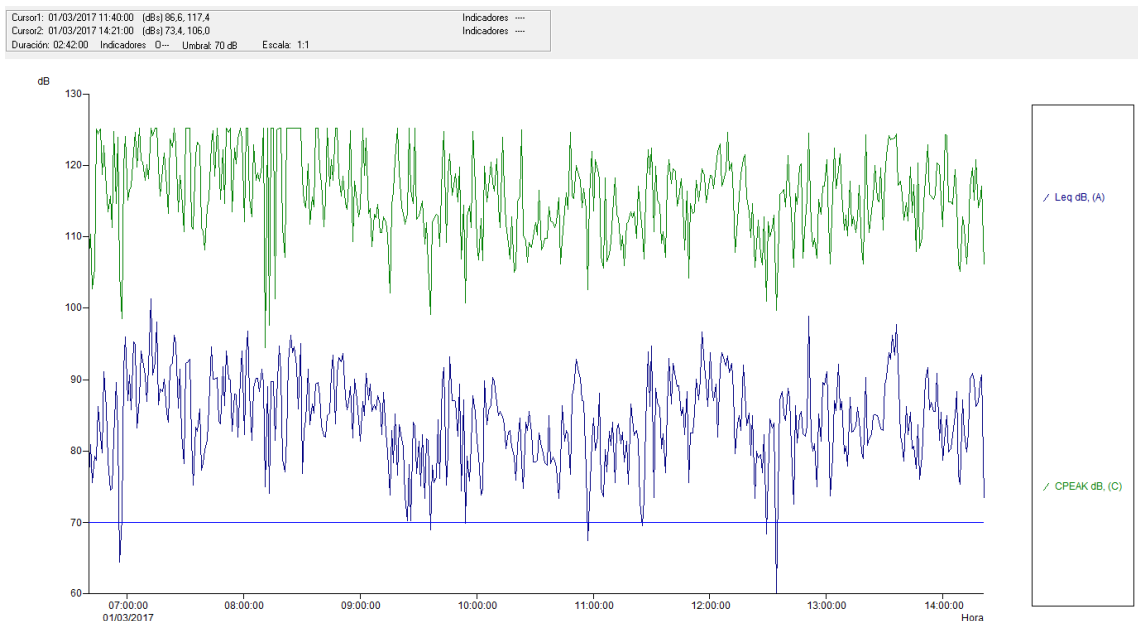


▪ **Pala**

Máquina autopropulsada sobre ruedas, con un equipo de trabajo montado en la parte frontal cuya función principal son operaciones de carga (utilización de cuchara), con la que carga mediante el movimiento de la maquina hacia delante.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	01/03/2017	06:40:00	
Fin de la medición	01/03/2017	14:22:00	
Duración de la medición			07:42:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	88,0 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	88,2 dB Q = 3	
Nivel pico límite	125,2 dB	07:53:05



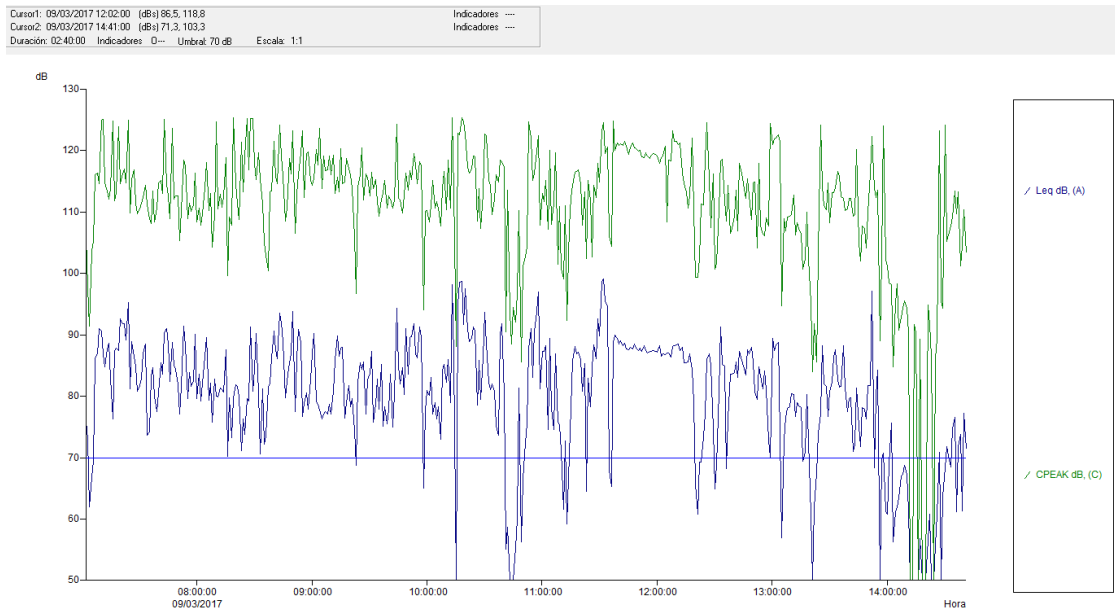


▪ **Motoniveladora**

Esta máquina, cuenta con una larga hoja metálica empleada para nivelar terrenos. Además posee escarificaciones para terrenos duros, los cuales se pueden ubicar al frente, en medio o en la parte trasera.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	09/03/2017	07:02:00	
Fin de la medición	09/03/2017	14:42:00	
Duración de la medición			07:40:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	86,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	86,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	125,3 dB	08:19:50





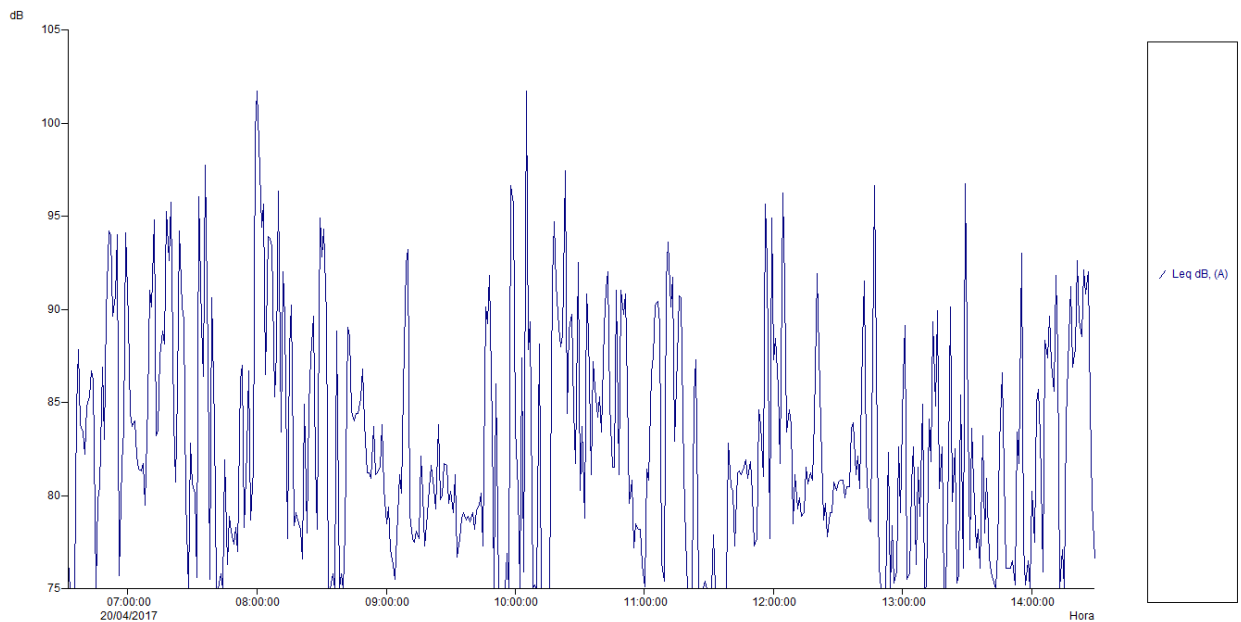
▪ **Pala criba**

Consiste en una pala normal, la cual descarga en una criba.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	20/04/2017	06:32:00	
Fin de la medición	20/04/2017	14:30:00	
Duración de la medición			07:58:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	87,7 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	87,7 dB Q = 3	
Nivel pico límite	139,6 dB	11:59:18

Cursor1: 20/04/2017 11:32:00 (dB) 77,9 Indicadores ----
Cursor2: 20/04/2017 14:29:00 (dB) 76,6 Indicadores ----
Duración: 02:58:00 Indicadores ---- Umbral: 70 dB Escala: 1.1





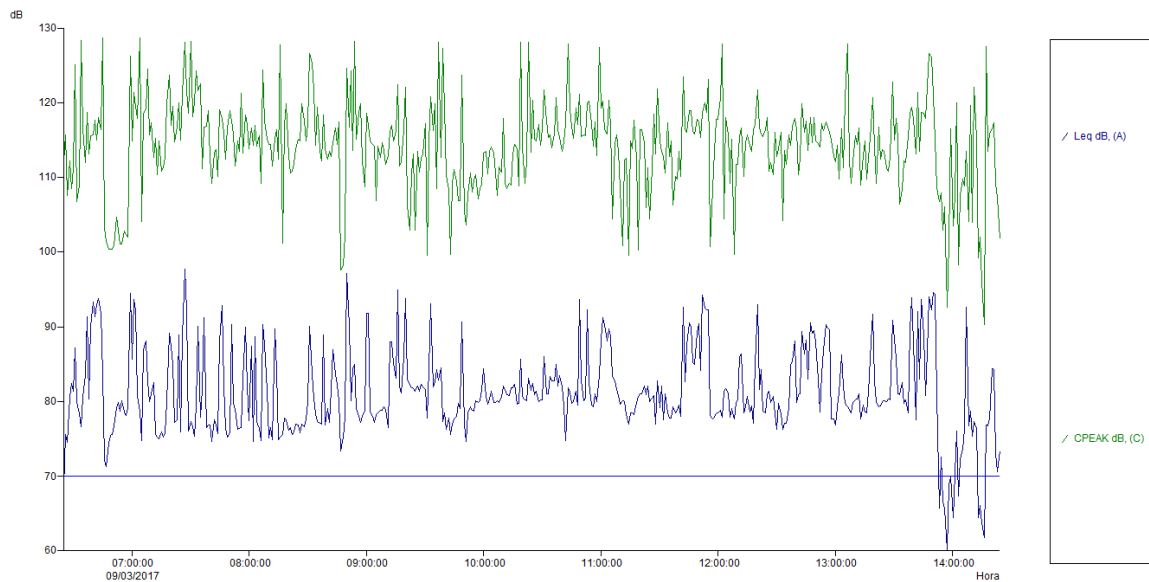
▪ **Retroexcavadora**

Equipo destinado a la excavación y cargue simultáneo de material de terreno a gran escala. Son máquinas que por su estructura permiten una mayor y más eficiente excavación que cualquier otro tipo de maquina pesada.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	09/03/2017	06:25:00	
Fin de la medición	09/03/2017	14:25:00	
Duración de la medición			08:00:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	85,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	85,3 dB Q = 3	
Nivel pico límite	128,6 dB	06:45:25

Cursor1: 09/03/2017 11:25:00 (dBs) 80,0, 104,4 Indicadores: ---
Cursor2: 09/03/2017 14:24:00 (dBs) 73,3, 101,8 Indicadores: ---
Duración: 03:00:00 Indicadores: 0--- Umbral: 70 dB Escala: 1:1





▪ **Retro- bulldozer**

Como su nombre indica, será una combinación de la retroexcavadora y del bulldozer.

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	01/03/2017	06:31:00	
Fin de la medición	01/03/2017	14:16:00	
Duración de la medición			07:45:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	88,4 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	88,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	128,9 dB	08:37:49





Para comparar resultados, se realizará una tabla resumen con los valores pico y el nivel de exposición diaria en cada puesto de trabajo.

ESCOMBRERA FIGAREDO		
	$L_{Aeq,d}$	L_{pico}
Bulldozer	87,6	128,4
Bulldozer-lagarto	90,1	127,8
Camion cuba	83,7	128,8
Camion Otero	76,4	125,9
Pala	88	125,2
Motoniveladora	86,3	125,3
Pala-criba	87,7	139,6
Retro	85,3	128,6
Retro-bulldozer	88,8	128,9



Pozo San Nicolás

Análisis del trabajo

El pozo San Nicolás o popularmente Nicolasa, es uno de los tres pozos en activo pertenecientes a Hunosa. Esta localizado en Mieres más concretamente a 1,5 km de la parroquia de Ablaña.

La mina Nicolasa empezó a producir entre los años 1855-1859, mediante minas de montaña. La profundización del pozo data de 1951 realizado por la Fábrica de Mieres S.A. y en 1967 pasa a manos de Hunosa.

Consta de dos pozos, el numero 2 dedicado a la extracción del carbón mediante *skip*. Tiene un brocal de 4,50 metros de diámetro y 7 plantas, reprofundizada esta ultima en el año 2008.

El pozo numero 2 o el principal, tiene 7 plantas con dos más intermedias, entre la 3^a y 4^a comunicadas por planos y una más denominada 4^a bis, entre 4^a y 5^a. El pozo esta en superficie a una cota de +303 metros, con un diámetro de brocal de 6 metros, llegando a cota de -267 metros en su 7^a planta.

Este pozo se encuentra unido mediante una cinta transportadora con el de Montsacro en Riosa a una distancia de 4,5 km y con el lavadero Batán mediante el túnel de Sueros.

Las reservas totales del pozo San Nicolás, ascienden a 2180 Ktb en la zona este, 1743 Ktb en la zona central y 987 Ktb en la zona Oeste.



Selección de una estrategia de medición

Las mediciones se realizaron en distintos trabajos representativos realizados en el pozo San Nicolás. Esto es debido a que no todos los ambientes de trabajo presentan las mismas características sonoras, por lo que se podrán ver diferenciados las tareas, así como los tiempos en los que se produjeron diferentes hitos en la toma de muestras.

Mediciones

Primero se expondrá la configuración de los equipos de forma general ya que será la misma configuración para todas las mediciones, cambiando únicamente el número de serie del dosímetro que se utilizó en cada caso.

Para las mediciones en C, la ponderación de frecuencia para RMS será C en lugar de A.

Información de configuración	
Nombre de Configuración	USER1
Número de modelo de dosímetro	CEL-462 Versión 1.04
Ponderación de frecuencia para RMS	A
Ponderación de frecuencia para nivel Pico	C
Ponderación de tiempo	Fast
Rango de medición	70 - 140 dB



▪ **Cintas transportadoras y criba**

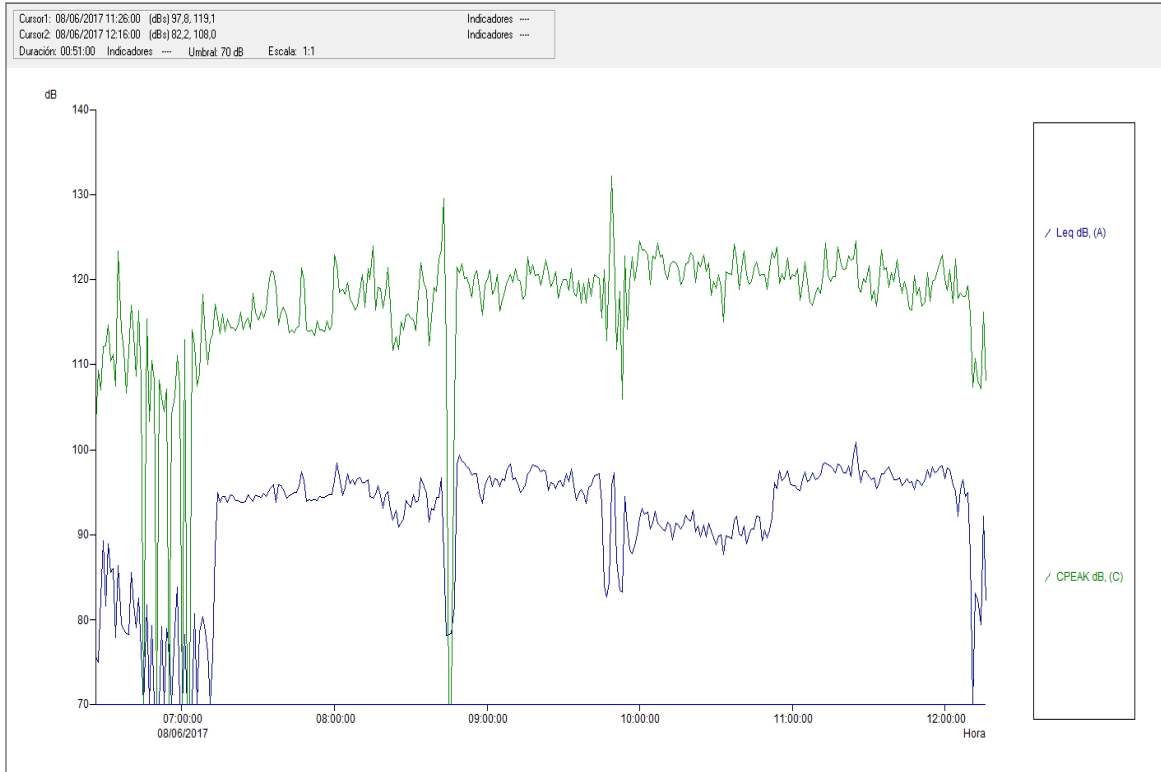
Esta medición se llevó a cabo en la zona de la criba vibratoria que separa el carbón y el distinto material estéril, el cual pasa a continuación a la machacadora. En esta zona se encuentran las cintas transportadoras que llevan el producto de salida de la criba hasta la machacadora. Los trabajadores se encuentran durante toda la jornada laboral en este ambiente ruidoso, comprobando que no se cuele ningún elemento metálico ni madera a la machacadora, ya que esto podría causar una avería de la misma.

En este caso se le colocaron los dosímetros a dos trabajadores diferentes, uno de ellos configurado para obtener el nivel de ruido equivalente en A y el otro para obtener el nivel equivalente en C.

Dosímetro midiendo en A

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	08/06/2017	06:26:00	
Fin de la medición	08/06/2017	12:17:00	
Duración de la medición			05:51:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	93,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	94,6 dB Q = 3	
Nivel pico límite	132,1 dB	09:49:53



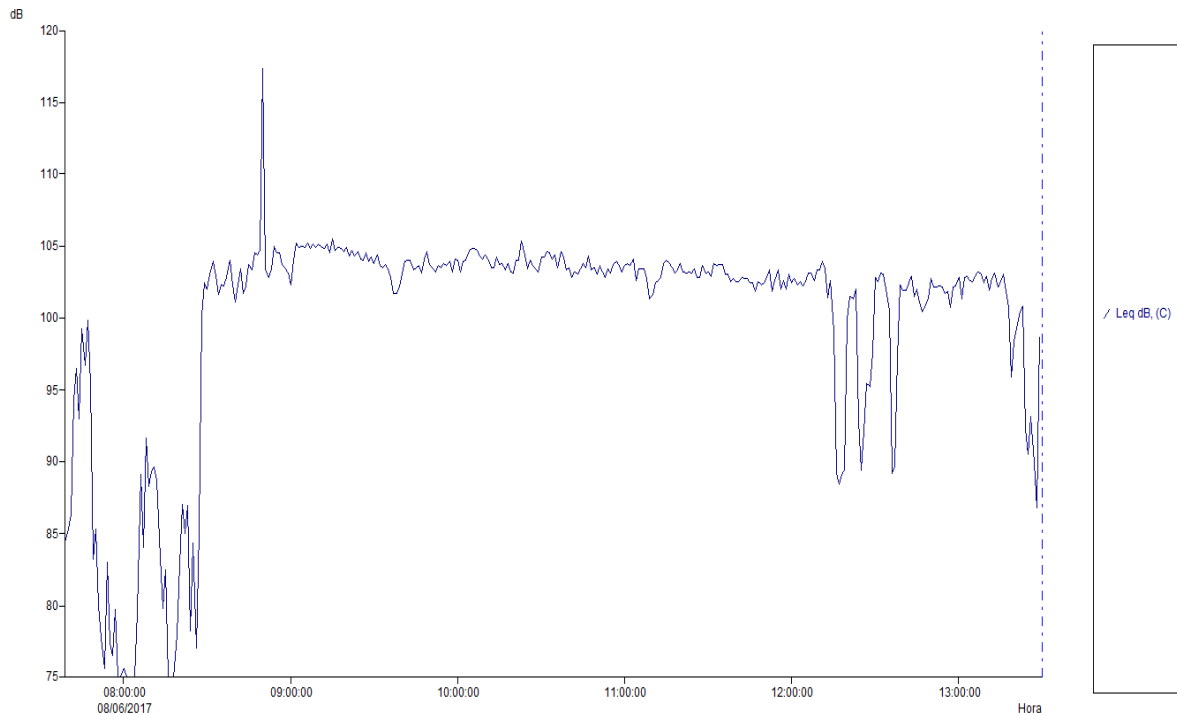
Dosímetro midiendo en C

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	08/06/2017	07:39:00	
Fin de la medición	08/06/2017	13:31:00	
Duración de la medición			05:51:54,52

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel sonoro equivalente Leq	102,7 dB Q = 3	
Nivel pico límite	143,3 dB	08:50:32



Cursor1: 08/06/2017 07:39:00 (dB) 84.4 Indicadores ---
Cursor2: 08/06/2017 13:30:00 (dB) 88.7 Indicadores -P-
Duración: 05:52:00 Indicadores 0-- Umbral: 70 dB Escala: 1:1



Si se observan los datos brutos, los cuales son representados por medio de la gráfica adjunta, se puede observar diferentes instantes y picos que se pueden relacionar directamente con distintos tipos de sucesos:

- *Entre las 7:42 y las 7:45:* paso al lado de la turbina 780 hacia el puesto de trabajo, lo que genera un pico de ruido.
- *Entre las 7:46 y las 7:48:* paso del tren de personal por las vías.
- *A las 08:20:* arranque de la criba, comienza el ruido de la misma.
- *A las 13:19:* bajando plano de la cinta general.
- *A las 13:24:* pasando por la transversal general.
- *A las 13:29:* paso por la turbina 780 de vuelta al embarque después de la jornada laboral.



▪ **Barrenado plano 781**

Esta medición se localiza en plano 781, donde se está realizando el avance de dos galerías simultáneas. Este avance se realiza mediante explosivos, por lo que las mediciones se realizaron durante el barrenado para su posterior uso. También durante la colocación de los cuadros para el avance.

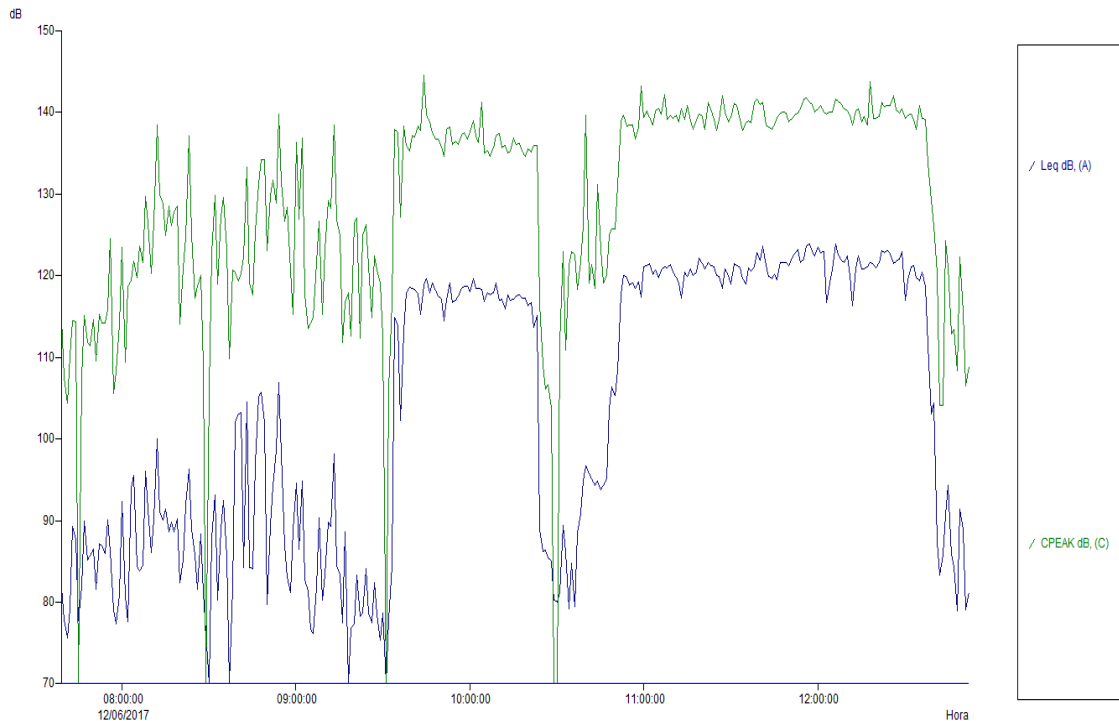
Dosímetro midiendo en A

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	12/06/2017	07:39:00	
Fin de la medición	12/06/2017	12:53:00	
Duración de la medición			05:14:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	115,3 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	117,2 dB Q = 3	
Nivel pico límite	144,4 dB	09:44:53



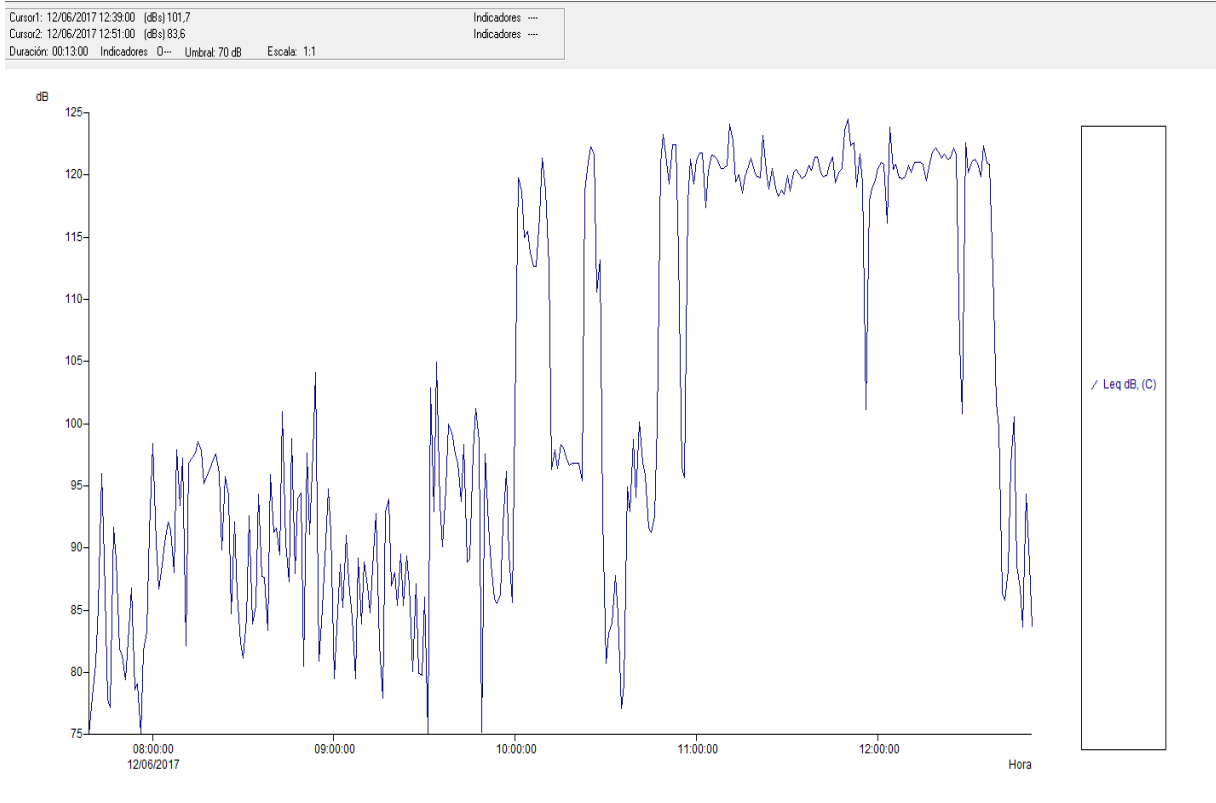
Cursor1: 12/06/2017 12:39:00 (dB) 103,0, 129,1 Indicadores ---
 Cursor2: 12/06/2017 12:52:00 (dB) 81,2, 108,8 Indicadores ---
 Duración: 00:14:00 Indicadores: 0 --- Umbral: 70 dB Escala: 1:1



Dosímetro midiendo en C

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	12/06/2017	07:39:00	
Fin de la medición	12/06/2017	12:52:00	
Duración de la medición			05:13:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel sonoro equivalente Leq	116,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	147,1 dB	12:04:19



De nuevo observando los datos y con los que se tomaron en la mina, se pueden considerar los siguientes hechos en cada instante:

- *Entre las 7:47:* paso al lado de la turbina 780 hacia el puesto de trabajo, lo que genera un pico de ruido.
- *Entre las 8:22:* utilización de la pala eléctrica.
- *A las 8:46:* utilización del aprieta tuercas hidráulico.
- *A las 8:58:* se deja de utilizar el aprieta tuercas hidráulico.
- *A las 10:23:* se acaba de barrenar.
- *A las 10:48:* se empieza a barrenar de nuevo.
- *A las 12:40:* se acaba de barrenar.
- *A las 12:49:* paso al lado de la turbina 780 de vuelta al embarque.



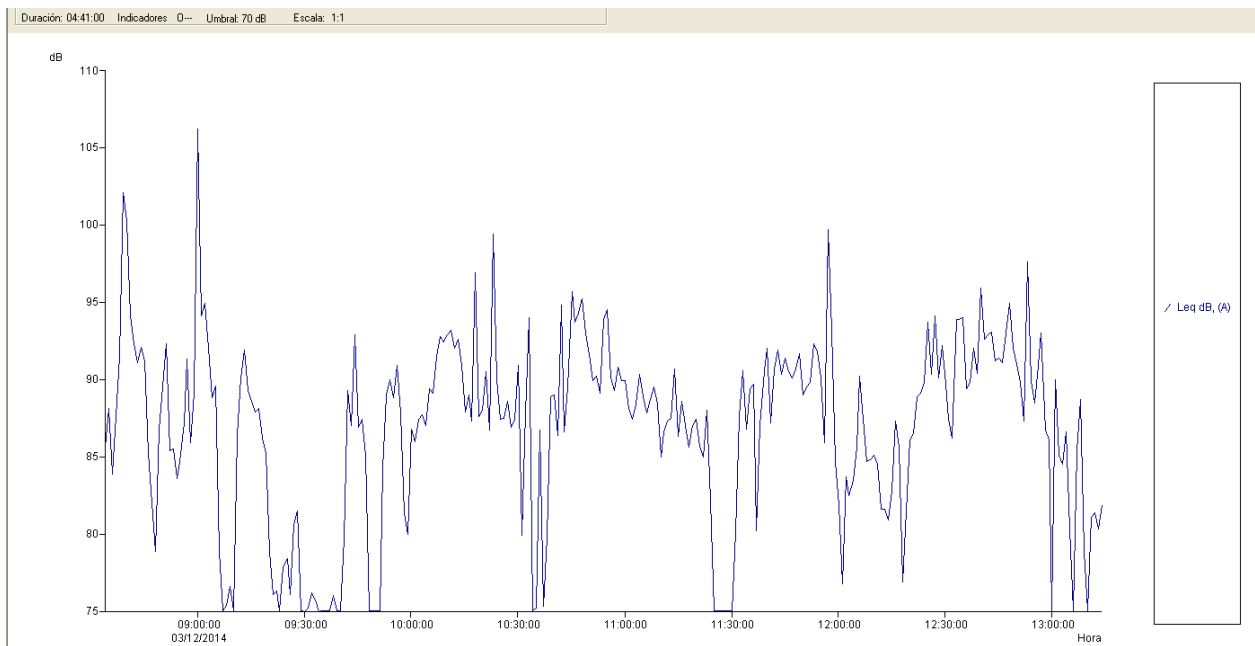
▪ **Avance minador 9-TE 1**

Se realizaron las mediciones en el avance de la novena capa mediante minador, el cual es uno de los métodos utilizados en San Nicolás. Este consiste básicamente en una máquina excavadora destinada a la realización de excavaciones mediante una cabeza armada de picas que tritura y arranca fragmentos de pequeño tamaño.

Dosímetro midiendo en A

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	03/12/2016	08:34:00	
Fin de la medición	13/12/2016	13:15:00	
Duración de la medición			04:41:00,00

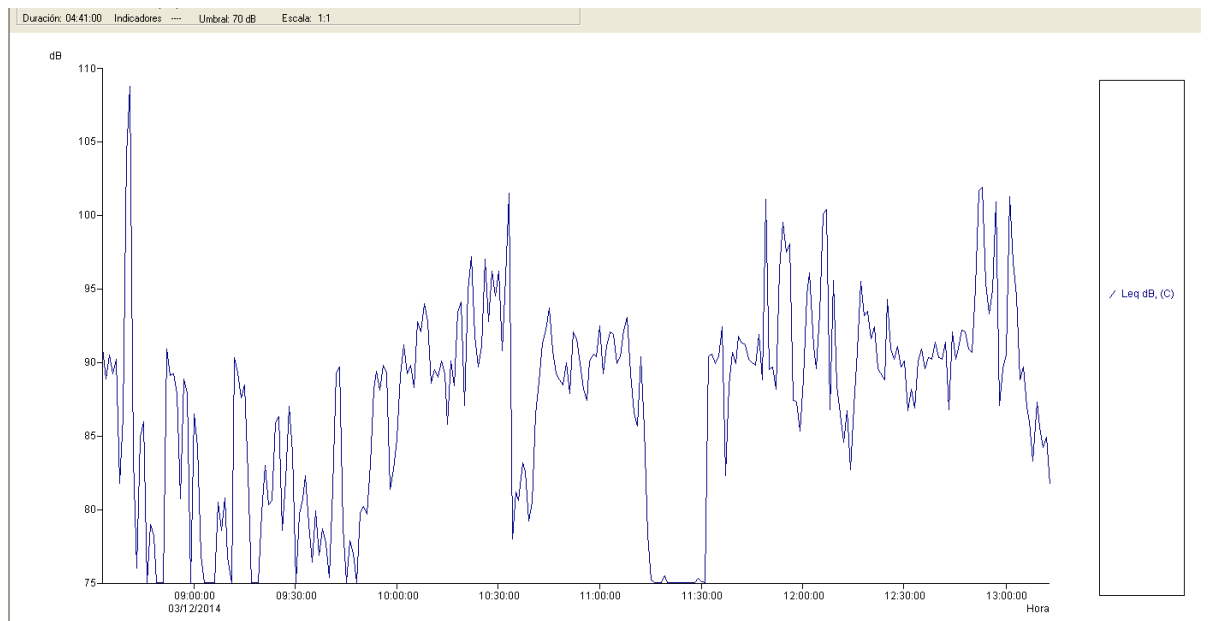
Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	88,2 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	90,5 dB Q = 3	
Nivel pico límite	144,0 dB	10:42:23



Dosímetro midiendo en C

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	03/12/2016	08:31:00	
Fin de la medición	03/12/2016	13:14:00	
Duración de la medición			04:41:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel sonoro equivalente Leq	92.2 dB Q = 3	
Nivel pico límite	138,7 dB	08:40:19



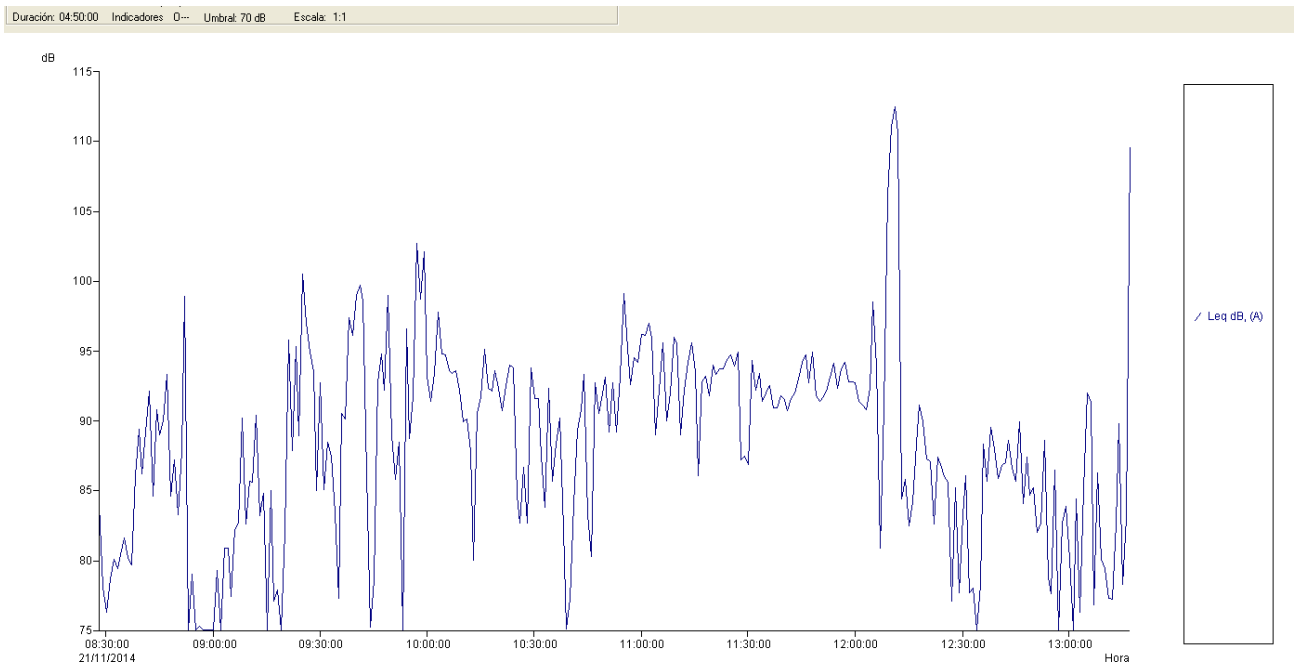


▪ **Sutiraje minador 788**

Dosímetro midiendo en A

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	21/12/2016	08:28:00	
Fin de la medición	21/12/2016	13:18:00	
Duración de la medición			04:50:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel de exposición diaria Lep,d	93,1 dB	
Nivel sonoro equivalente Leq	95,3 dB Q = 3	
Nivel pico límite	144,0 dB	12:12:50

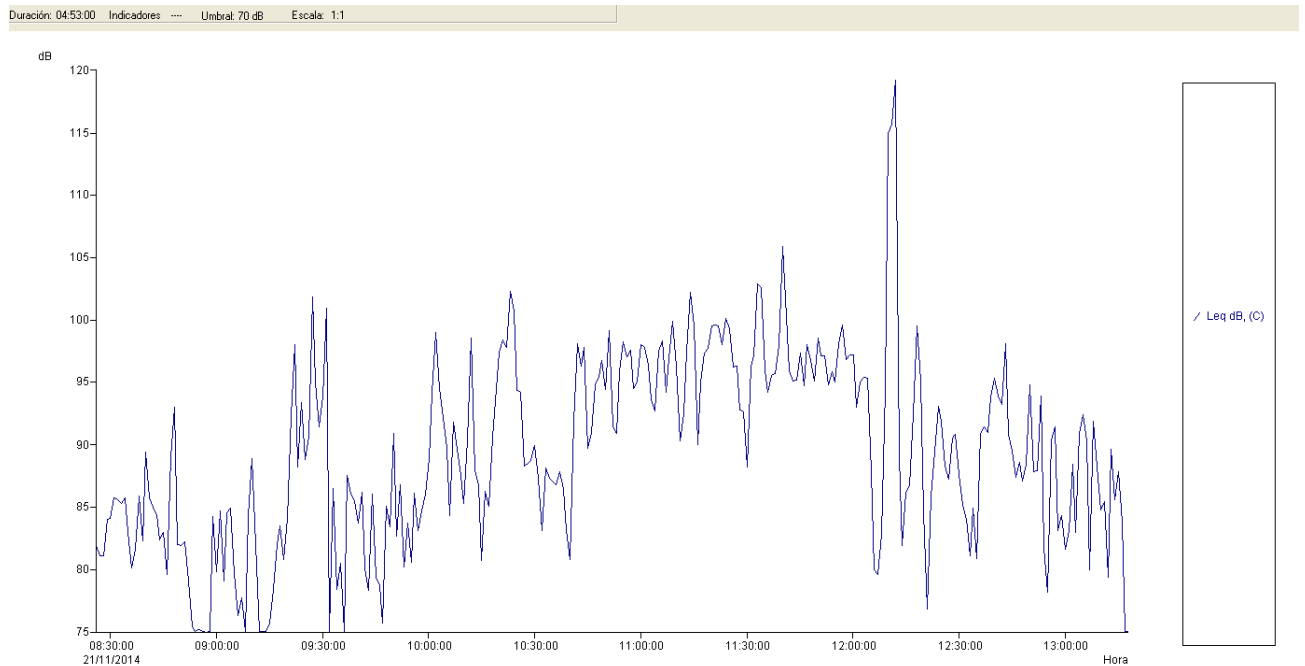




Dosímetro midiendo en C

Información de tiempo de registro			
			Duración
Inicio de la medición	21/12/2016	08:26:00	
Fin de la medición	21/12/2016	13:19:00	
Duración de la medición			04:43:00,00

Información de los resultados de medición		
	dB	Instante
Nivel sonoro equivalente Leq	98,8 dB Q = 3	
Nivel pico límite	139,3 dB	12:12:25





POZO SAN NICOLAS			
	$L_{Aeq,d}$	$L_{Ceq,d}$	L_{pico}
Criba	93,3	102,7	128,4
Barrenado plano 781	115,3	116,5	127,8
Avance minador 9- TE 1	88,2	92,2	128,8
Sutiraje minador 788	93,1	98,8	144



Medidas preventivas

Ante los datos que se han observado y estudiado anteriormente, se pueden proponer una serie de medidas preventivas a tomar con el fin de intentar atenuar el ruido al que se ven expuestos los trabajadores ante distintos tipos de trabajo.

En el marco de acciones preventivas y correctivas de la empresa, se pueden tomar principalmente tres tipos de medida a la hora de atenuar el ruido en el ámbito laboral,

1. Toma de distancia desde el foco emisor.
2. Utilización de equipos de protección individual.
3. Modificación del equipo de trabajo

En el primero de los casos, la implantación en algunos puestos de trabajo puede resultar difícil o incluso imposible, por lo que solo se considerarán en los puestos pertinentes.

Por el contrario, la utilización de EPIs de seguridad, en este caso protectores auditivos, es la medida más recomendable y obligatoria en la mayoría de los casos. Por tanto, las medidas preventivas se verán enfocadas a la selección del protector auditivo ideal para cada puesto de trabajo y en función del tipo de ruido y la atenuación que proporcionen los protectores.

Tipos de EPIs

Se entenderá por equipo de protección individual cualquier destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Por otro lado, los protectores auditivos son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación de sonido, reducen los efectos del ruido en la audición, para evitar así un daño en el oído. Esencialmente, se pueden considerar los siguientes tipos de protectores auditivos según la "*guía orientativa para la selección y utilización de protectores auditivos*", proporcionada por el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo:



- **Orejas:** consisten en casquetes que cubren las orejas y que las adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido. Los casquetes se forran normalmente con un material que absorba el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés), por lo general de metal o plástico. A veces se fija a cada casquete, o al arnés cerca de los casquetes, una cinta flexible. Esta cinta se utiliza para sostener los casquetes cuando el arnés se lleva en la nuca o bajo la barbilla.
- **Orejas acopladas a casco:** consisten en casquetes individuales unidos a unos brazos fijados a un casco de seguridad industrial, y que son regulables de manera que puedan colocarse sobre las orejas cuando se requiera.
- **Tapones:** son protectores auditivos que se introducen en el canal auditivo o en la cavidad de la oreja, destinados a bloquear su entrada. A veces vienen provistos de un cordón interconector o de un arnés.
- **Cascos anti ruido:** con cascos que recubren la oreja, así como una gran parte de la cabeza. Permiten reducir además la transmisión de ondas acústicas aéreas a la cavidad craneana, disminuyendo así la conducción ósea del sonido al oído interno.
- **Otros tipos:**
 - **Protectores dependientes del nivel:** están concebidos para proporcionar una protección que se incremente a medida que el nivel sonoro aumenta.
 - **Protectores para la reducción activa del ruido (protectores ANR):** se trata de protectores auditivos que incorporan circuitos electro-acústicos destinados a suprimir parcialmente el sonido de entrada a fin de mejorar la protección del usuario.
 - **Orejas de comunicación:** las orejas asociadas a equipos de comunicación necesitan el uso de un sistema aéreo o por cable a través del cual puedan transmitirse señales, alarmas, mensajes o programas de entretenimiento.

Una vez vistos todos los tipos de protectores auditivos que hay, se compararán con los que existen actualmente en Hunosa para su uso cotidiano.



Protectores auditivos disponibles en Hunosa

1. Tapones

Estos tapones son de la marca VENITEX y están fabricados de espuma de poliuretano de uso único. Tienen una tasa de reducción del ruido (SNR) de 37 dB. Los datos de atenuación frente al ruido se recogen en la tabla adjunta.

Frecuencias (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	38.1	3,9	39.6	37.7	37.3	48.4	45.9
Desviación standard (dB)	4.9	6.3	6.5	4.2	3.5	5.1	4.5
Protección calculada (dB)	33.2	31.6	33.1	33.5	33.8	43.3	41.4

Tabla 4. Datos de atenuación de los tapones. FUENTE: Hunosa

	H	M	L	SNR
dB	36	34	33	37



Ilustración 14. Tapones disponibles en Hunosa. FUENTE: Hunosa



2. Tapones con banda

Estos tapones son aptos para más de un único uso. Tienen un arnés de acetato que une los tapones de espuma de poliuretano. Pueden ponerse por detrás (en la nuca) o por delante (bajo la barbilla), suponiendo distinta atenuación en cada caso.

Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	22.6	21.7	21.8	23.6	25.1	34.8	40.5	42.7
Desviación standard (dB)	5.0	4.6	4.5	4.3	3.0	3.2	4.3	3.6
Protección calculada (dB)	17.6	17.0	17.3	19.3	22.1	31.6	36.2	39.1

Tabla 5. Datos de atenuación de los tapones con banda. FUENTE: Hunosa

	H	M	L	SNR
dB	30	22	19	26



Ilustración 15. Tapones con banda disponibles en Hunosa. FUENTE: Hunosa



3. Orejeras acopladas al casco de protección

Estas orejeras acoplables al casco están fabricadas de plástico no conductor y con una cobertura exterior resistente a los impactos. Es un modelo confortable y ligero con fácil ajuste de talla. Existen dos tipos de orejeras acoplables que se diferencian en su capacidad de atenuación del ruido.

- a. **Orejeras modelo “ZONE 1”**: se distinguen por ser de color amarillo. Tienen una tasa de reducción de ruido (SNR) de 27 dB y los datos de atenuación se recogen en la tabla adjunta,

Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	12.2	10.8	19.5	25.4	34.2	31.4	34.4	34.9
Desviación standard (dB)	4.7	2.9	2.7	3.0	3.2	3.6	3.2	3.2
Protección calculada (dB)	7.5	7.9	16.8	22.4	31.0	27.8	31.2	31.7

Tabla 6. Datos de atenuación de las orejeras Zone 1. FUENTE: Hunosa

	H	M	L	SNR
dB	30	25	16	27



Ilustración 16. Orejeras acoplables Zone 1. FUENTE: Hunosa



- b. **Orejas modelo “ZONE 2”**: se distinguen por ser de color naranja. Tienen una tasa de reducción de ruido (SNR) de 29 dB y los datos de atenuación se recogen en la tabla adjunta,

Frecuencias (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	13.2	12.7	22.3	28.6	34.2	32.5	35.5	38.6
Desviación standard (dB)	4.8	3.2	3.0	3.1	3.4	3.2	2.4	3.7
Protección calculada (dB)	8.4	9.4	19.3	25.5	30.8	29.3	33.0	34.9

Tabla 7. Datos de atenuación de las orejas Zone 2. FUENTE: Hunosa

	H	M	L	SNR
dB	32	27	18	29



Ilustración 17. Orejas acoplables Zone 2. FUENTE: Hunosa



Calculo de la atenuación

Con los datos obtenidos de las mediciones y teniendo en cuenta estos protectores auditivos, se podrá elegir el que mejor encaje en las características del trabajo realizado y del ruido recibido por los trabajadores.

Para calcular la atenuación que proporciona cada protector auditivo, se cogerá como ejemplo más significativo las mediciones recogidas en el pozo San Nicolás y se utilizará el método HML ya que es el más acertado para los datos que se trabajan.

Para la utilización de este método, son necesarios los datos del nivel de presión sonora continuo equivalente medido con ponderación “A” (L_A) y “C” (L_C), y la diferencia “ $L_C - L_A$ ” del puesto de trabajo, también llamada $C - A$. además, se debe disponer de los valores H (High), M (Medium) y L (Low) del protector auditivo, los cuales son entregados por el fabricante aunque también podrían ser calculados.

A partir de los datos indicados, se obtiene el valor PNR (reducción del nivel de ruido predicha). Este valor se obtiene de dos formas diferentes dependiendo de la frecuencia del ruido con el que se trabaja, según la guía proporcionada por el Instituto de Salud e Higiene en el Trabajo, "*estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos*":

1. Para ruidos de bajas frecuencias, es decir, aquellos con diferencias $C - A$ mayor que 2 dB, se calculará con:

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

2. Para ruidos de medias o altas frecuencias, es decir, aquellos con diferencias $C - A$ menor o igual que 2 dB, se calcularán con:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

Este valor PNR de un protector auditivo para un tipo de ruido y protector auditivo específico, se resta del nivel de ruido existente en el puesto de trabajo, para obtener el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”.

$$L'_A = NPSeq - PNR$$



Se debe tener en cuenta que el L_A' *se redondea al entero más próximo*.

Con todo esto, se calculará en las labores medidas del pozo San Nicolás, los protectores auditivos más adecuados para su uso en ambientes con ruido.

Lo primero que se comprobará será si el ruido registrado es de alta, media o baja frecuencia. Para ello se realizará la diferencia entre C y A y se comprobará según los criterios anteriormente expuestos a que corresponde cada labor.

Cintas transportadoras y criba

$$C - A = 102,7 - 93,3 = 9,4$$

$$C - A = 9,4 \gg 2 \rightarrow \text{Baja frecuencia}$$

Barrenado plano 781

$$C - A = 116,5 - 115,3 = 1,2$$

$$C - A = 1,2 < 2 \rightarrow \text{Alta frecuencia}$$

Avance minador 9-TE 1

$$C - A = 92,2 - 88,2 = 4$$

$$C - A = 4 > 2 \rightarrow \text{Baja frecuencia}$$

Sutiraje minador 788

$$C - A = 98,8 - 93,1 = 5,7$$

$$C - A = 5,7 > 2 \rightarrow \text{Baja frecuencia}$$



Una vez comprobado que el ruido registrado es tanto de alta como de baja frecuencia, se puede calcular la atenuación que supondría cada uno de los protectores auditivos disponibles en Hunosa para las distintas labores.

Esta atenuación calculada, será de la que se dispondrá con un 84% de probabilidad, es decir, es la atenuación de la que dispondrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen.

Cintas transportadoras y criba

El ruido registrado se trata de baja frecuencia, por lo que la formula a utilizar será la siguiente,

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

Se comprobara el índice PNR para cada uno de los protectores auditivos disponibles.

1. Tapones

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	36	34	33	37		
Criba					93,3	102,7

$$PNR = 36 - \frac{36 - 33}{8} \cdot (102,7 - 93,3 - 2)$$

$$PNR = 33,23$$

$$L'_A = 93,3 - 33,23$$

$$L'_A = 60 \text{ dB}$$



2. Tapones con banda

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	22	19	26		
Criba					93,3	102,7

$$PNR = 22 - \frac{22 - 19}{8} \cdot (102,7 - 93,3 - 2)$$

$$PNR = 19,23$$

$$L'_A = 93,3 - 19,23$$

$$L'_A = 74 \text{ dB}$$

3. Orejeras acoplables al casco

a. "ZONE 1"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	25	16	27		
Criba					93,3	102,7

$$PNR = 25 - \frac{25 - 16}{8} \cdot (102,7 - 93,3 - 2)$$

$$PNR = 16,68$$

$$L'_A = 93,3 - 16,8$$

$$L'_A = 77 \text{ dB}$$



b. "ZONE 2"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	32	27	18	29		
Criba					93,3	102,7

$$PNR = 27 - \frac{27 - 18}{8} \cdot (102,7 - 93,3 - 2)$$

$$PNR = 18,68$$

$$L'_A = 93,3 - 18,68$$

$$L'_A = 75 \text{ dB}$$

A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados de la atenuación de los distintos protectores auditivos.

Cinta transportadora y criba	
	L _{Aeq,d}
Tapones	60
Tapones con banda	74
Orejas acoplables ZONE 1	77
Orejas acoplables ZONE 2	75

Tabla 8. Atenuación para la cinta transportadora y criba

Se puede observar que con *cualquiera* de los protectores auditivos disponibles en HUNOSA, el nivel diario equivalente al que estaría expuesto un trabajador, estaría en todos los casos por debajo del límite permitido, por lo que cualquiera de ellos sería apto para su utilización en este ambiente de trabajo. Por otra parte, el que produce más atenuación y en este caso sería más aconsejable por proteger en mayor medida del ruido serían los tapones con un nivel diario equivalente de 60 dB recibidos en su utilización.



Barrenado plano 781

El ruido registrado se trata de baja frecuencia, por lo que la fórmula a utilizar será la siguiente,

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

Se comprobará el índice PNR para cada uno de los protectores auditivos disponibles.

1. Tapones

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	36	34	33	37		
Barrenado					115,3	116,5

$$PNR = 34 - \frac{36 - 34}{4} \cdot (116,5 - 115,3 - 2)$$

$$PNR = 34,4$$

$$L'_A = 115,3 - 33,23$$

$$L'_A = 81 \text{ dB}$$

2. Tapones con banda

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	22	19	26		
Barrenado					115,3	116,5

$$PNR = 22 - \frac{30 - 22}{4} \cdot (116,5 - 115,3 - 2)$$



$$PNR = 23,6$$

$$L'_A = 115,3 - 23,6$$

$$L'_A = 92 \text{ dB}$$

3. Orejeras acoplables al casco

a. "ZONE 1"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	25	16	27		
Barrenado					115,3	116,5

$$PNR = 25 - \frac{30 - 25}{4} \cdot (116,5 - 115,3 - 2)$$

$$PNR = 26$$

$$L'_A = 115,3 - 26$$

$$L'_A = 89 \text{ dB}$$

b. "ZONE 2"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	32	27	18	29		
Barrenado					115,3	116,5

$$PNR = 27 - \frac{32 - 27}{4} \cdot (116,5 - 115,3 - 2)$$

$$PNR = 28$$



$$L'_A = 115,3 - 28$$

$$L'_A = 87 \text{ dB}$$

Barrenado 781	
	L _{Aeq,d}
Tapones	81
Tapones con banda	92
Orejeras acoplables ZONE 1	89
Orejeras acoplables ZONE 2	87

Tabla 9. Atenuación para el barreado en 781

En este caso, se puede observar que no todos los protectores auditivos son aptos para su utilización, ya que varios de ellos sobrepasan el valor límite de ruido al que un trabajador puede estar expuesto en su puesto de trabajo. El único en este caso que podría ser utilizado sería nuevamente los tapones, ya que suponen un nivel diario equivalente de 81 dB.

Por otra parte, las *orejeras acoplables al casco "ZONE 2"*, podrías ser una opción de no disponerse de tapones ya que está muy próximo al nivel límite máximo.



Avance minador 9-TE 1

El ruido registrado se trata de baja frecuencia, por lo que la formula a utilizar será la siguiente,

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

Se comprobara el índice PNR para cada uno de los protectores auditivos disponibles.

1. Tapones

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	36	34	33	37		
Minador					88,2	92,2

$$PNR = 34 - \frac{34 - 33}{8} \cdot (92,2 - 88,2 - 2)$$

$$PNR = 33,75$$

$$L'_A = 88,2 - 33,75$$

$$L'_A = 54 \text{ dB}$$

2. Tapones con banda

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	22	19	26		
Minador					88,2	92,2



$$PNR = 22 - \frac{22 - 19}{8} \cdot (92,2 - 88,2 - 2)$$

$$PNR = 21,25$$

$$L'_A = 88,2 - 21,25$$

$$L'_A = 67 \text{ dB}$$

3. Orejeras acoplables al casco

a. "ZONE 1"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	25	16	27		
Minador					88,2	92,2

$$PNR = 25 - \frac{25 - 16}{8} \cdot (92,2 - 88,2 - 2)$$

$$PNR = 22,75$$

$$L'_A = 88,2 - 22,75$$

$$L'_A = 65 \text{ dB}$$

b. "ZONE 2"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	32	27	18	29		
Minador					88,2	92,2



$$PNR = 36 - \frac{36 - 33}{8} \cdot (92,2 - 88,2 - 2)$$

$$PNR = 35,25$$

$$L'_A = 88,2 - 35,25$$

$$L'_A = 53 \text{ dB}$$

Avance minador 9 - TE 1	
	L _{Aeq,d}
Tapones	54
Tapones con banda	67
Orejeras acoplables ZONE 1	65
Orejeras acoplables ZONE 2	53

Tabla 10. Atenuación para avance de minador

En este caso, como pasaba en la criba vibratoria, *cualquiera* de los protectores auditivos se podría utilizar para el trabajo en este puesto de trabajo. Por otra parte, el que más atenuación produce y por tanto, el que más aconsejable sería utilizar, serían las orejeras acoplables al casco "ZONE 2" que tienen un nivel equivalente de 53 dB.



Sutiraje minador 788

El ruido registrado se trata de baja frecuencia, por lo que la formula a utilizar será la siguiente,

$$PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2)$$

Se comprobara el índice PNR para cada uno de los protectores auditivos disponibles.

1. Tapones

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	36	34	33	37		
Minador					93,1	98,8

$$PNR = 34 - \frac{34 - 33}{8} \cdot (98,8 - 93,1 - 2)$$

$$PNR = 33,53$$

$$L'_A = 93,1 - 33,53$$

$$L'_A = 60 \text{ dB}$$

2. Tapones con banda

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	22	19	26		
Minador					93,1	98,8



$$PNR = 22 - \frac{22 - 19}{8} \cdot (98,8 - 93,1 - 2)$$

$$PNR = 20,61$$

$$L'_A = 93,1 - 20,61$$

$$L'_A = 72 \text{ dB}$$

3. Orejeras acoplables al casco

a. "ZONE 1"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	30	25	16	27		
Minador					93,1	98,8

$$PNR = 25 - \frac{25 - 16}{8} \cdot (98,8 - 93,1 - 2)$$

$$PNR = 20,83$$

$$L'_A = 93,1 - 20,83$$

$$L'_A = 72 \text{ dB}$$

b. "ZONE 2"

	H	M	L	SNR	L _{Aeq,d}	L _{Ceq,d}
dB	32	27	18	29		
Minador					93,1	98,8



$$PNR = 36 - \frac{36 - 33}{8} \cdot (98,8 - 93,1 - 2)$$

$$PNR = 34,61$$

$$L'_A = 93,1 - 34,61$$

$$L'_A = 59 \text{ dB}$$

Sutiraje minador 788	
	L _{Aeq,d}
Tapones	60
Tapones con banda	72
Orejeras acoplables ZONE 1	72
Orejeras acoplables ZONE 2	59

Tabla 11. Atenuación para sutiraje minador

Se puede observar que, como en el caso anterior, *cualquiera* de los protectores auditivos podrá ser utilizado para esta labor. El más indicado, es decir el que más atenuación permite, sería también las orejeras acoplables al casco "ZONE 2" que consigue un nivel equivalente de 59 dB.

Labor	Protector
Criba	Tapones
Barrenado plano 781	Tapones
Avance minador 9-TE 1	Orejeras acoplables al casco "ZONE 2"
Sutiraje minador 788	Orejeras acoplables al casco "ZONE 2"

Tabla 12. Tabla resumen protectores auditivos seleccionados



Conclusiones

El control del ruido en los centros de trabajo, es una obligación regida por el Real Decreto 286/2006, el cual dictamina los valores máximos de exposición a los que puede estar sometido un trabajador. Estos valores no deben superar en ningún caso los 87 dB medidos en el nivel diario equivalente sin la adecuada protección para el trabajador.

En caso de que los valores medidos superen dicho valor, será necesaria una acción correctiva que puede consistir, o bien en el cambio de los equipos que se utilizan con el fin de implantar otros menos ruidosos, o la más común, la implantación de protectores auditivos en el entorno de trabajo para conseguir la atenuación necesaria que reduzca el nivel diario equivalente a unos valores admisibles por el Real Decreto 286/2006, y los cuales no pongan en riesgo la salud de los trabajadores.

Se debe tener en cuenta al ruido como un alto factor de riesgo en el ámbito laboral, pudiendo ocasionar graves consecuencias en la capacidad auditiva de las personas e incluso sordera, por lo que debe ser una prioridad su control en el centro de trabajo.

Las medidas realizadas han ayudado considerar las labores en las que el ruido es un factor de riesgo y aquellas en las que el uso de protectores auditivos es obligatorio dentro del centro de trabajo. Se pueden sacar las siguientes conclusiones de los datos obtenidos:

Lavadero Batán

En las medidas realizadas en Lavadero Batán, las labores en las que el nivel equivalente diario superaba los 87 dB, valor límite admisible por el Real Decreto fueron:

- Vía seca área Sueros, con un $L_{Aeq,d}$ de 87,3 dB.
- Lavadero, con un $L_{Aeq,d}$ de 90,2 dB.
- Vía seca, con un $L_{Aeq,d}$ de 90,2 dB

En estos casos, el uso de protectores auditivos será **OBLIGATORIO**, así como la correcta formación e información de los trabajadores en estos puestos de trabajo, señalizando debidamente las áreas afectadas con señales visuales de uso de protectores auditivos.



Como se puede observar, los puestos indicados superan por poco el nivel máximo admitido y no será necesario un estudio referente a la atenuación ofrecida por los protectores auditivos, ya que cualquiera de los disponibles en Hunosa proporcionará la atenuación necesaria.

Escombrera de Figaredo

En cuanto a las medidas realizadas en la escombrera de Figaredo, aquellas labores con un nivel de ruido superior al admitido fueron:

- Bulldozer, con un $L_{Aeq,d}$ de 87,6 dB.
- Bulldozer-lagarto, con un $L_{Aeq,d}$ de 90,1 dB.
- Pala, con un $L_{Aeq,d}$ de 88 dB.
- Pala-criba, con un $L_{Aeq,d}$ de 87,7 dB.
- Retro bulldozer, con un $L_{Aeq,d}$ de 88,8 dB.

Como en el caso del lavadero Batán, las medidas son muy próximas a 87 dB, por lo que tanto los tapones, como los tapones con banda, como las orejeras acoplables al casco, serán admisibles para su uso en estos ambientes y de carácter **OBLIGATORIO**, así como la señalización del peligro de exposición al ruido y de obligatoriedad de uso de los protectores auditivos.

Pozo San Nicolás

Por último, las medidas que se realizaron en el pozo San Nicolás, al preverse que superarían los 87 dB en todas las labores que existen, se realizaron con dos dosímetros midiendo en diferentes frecuencias. Los datos obtenidos son los siguientes,

- Criba, con un $L_{Aeq,d}$ de 93,3 dB.
- Barrenado plano 781, con un $L_{Aeq,d}$ de 115,3 dB
- Avance minador 9-TE1, con un $L_{Aeq,d}$ de 88,2 dB.
- Sutiraje minador 788, con un $L_{Aeq,d}$ de 93,1 dB.



Como en los demás casos en los que en nivel diario equivalente supera los 87 dB, el uso de protectores auditivos será **OBLIGATORIO**, así como la correcta señalización de la zona afectada.

En este caso, fue necesario el estudio referente a la atenuación de diferentes equipos de protección, al no ser todos ellos aptos para las diferentes labores de la mina. Por ello, se expone en la tabla adjunta, la relación de labores y protectores útiles para su uso.

	Tapones	Tapones con banda	Orejeras ZONE 1	Orejeras ZONE 2
Criba	OPTIMO			
Barrenado 781				
Avance de minador				OPTIMO
Sutiraje minador 788				OPTIMO

Las celdas en verde corresponden a aquellos protectores que se podrían utilizar en la labor, ya que atenúan el ruido a unos valores admisibles. Aquellos indicados como "óptimos" son los que mejor atenuación producen y por tanto serian los mas aconsejables a utilizar.

Por otra parte, las celdas en rojo corresponden a aquellos protectores auditivos que no realizan la atenuación necesaria y por tanto, su uso no estaría permitido.

Con todo esto se tiene la suficiente información para la elección del protector auditivo necesario para cada situación dentro de los centros de trabajo.



Bibliografía

- BOE. *Real Decreto 1407/1992, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.*
- BOE. (2006). *Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.*
- BOE. *Real Decreto 773/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.*
- Dirección de Prevención de Riesgos Laborales, Hunosa. (2016). *El dosímetro.*
- Dirección de Prevención de Riesgos Laborales, Hunosa. (2016). *El ruido: evaluación y control.*
- Dirección de Prevención de Riesgos Laborales, Hunosa. (2016). *Manejo del software CEL-420/460.*
- Hunosa. (2017). *Manual de Equipos de Protección Individual, Protectores auditivos.*
- Hunosa. (2017). *Plan de Labores área Sueros.*
- Hunosa. (2015). *Procedimiento específico (diferente maquinaria).*
- Hunosa. (2014). *Ruido en minería.*
- Ing. Luis Felipe Sexto. (s.f.). *Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento.* Recuperado el Junio de 2017, de <https://www.fceia.unr.edu.ar>



Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. *Guía orientativa para la selección y utilización de protectores auditivos.*

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2003). *NTP 638: Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.*

Richard L, St Pierre Jr and Daniel J Maguire. (2004). *Noise help*. Recuperado el Junio de 2017, de The impact of A- weighting sound pressure level measurements during the evaluation of noise exposure: <http://www.noisehelp.com>