

## Métodos de muestreo con sonómetro



**Identificaremos la normativa de referencia y nos guiaremos por los procedimientos establecidos, por ejemplo en seguridad laboral nos guiaremos por la NTP 270 que dice:**

**Primero, deberemos identificar el tipo de ruido que queremos medir:**

- **Ruido estable.**
- **Ruido periódico.**
- **Ruido aleatorio.**

### **Ruido estable**

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente en el apartado 4, realizando como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ( $L_{Aeq, T}$ ) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas en el apartado 4 y se obtendría directamente el  $L_{Aeq, T}$ . Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como  $L_{Aeq, T}$  la media aritmética de ellas.

### **Ruido periódico**

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el apartado 4. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente ( $L_{Aeq}$ ) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El  $L_{Aeq, T}$  se calcula entonces a partir del valor medio de los  $L_{Aeq}$  obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

## Ruido aleatorio

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

### Método directo

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

### Método de muestreo

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

## Ruido de impacto

La evaluación del ruido de impacto se efectuará, tal como exige el Real Decreto 1316/89, mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcanza su valor máximo.

"Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características «IMPULSE» (de acuerdo a la norma CE1-651) podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140 dB cuando el  $L_{pA}$  no ha sobrepasado los 130 dBA ».

## Ciclo de trabajo

Si la exposición de un trabajador al ruido se ajusta a un ciclo determinado (ciclo de trabajo), las mediciones deberán ser representativas de un número entero de ciclos. Cuando el ciclo esté compuesto por subciclos, y éstos correspondan a tipos de ruido diferentes, se obtendrán los diferentes  $L_{Aeq,T}$  según lo indicado en los apartados anteriores.

Los  $L_{Aeq, T_i}$  representativos de los distintos subciclos (i), en su caso, nos conducirán al  $L_{Aeq,T}$  mediante la expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \sum_i T_i \cdot 10^{0.1 L_{Aeq,T_i}} \right) \quad (1)$$

siendo:

- T: tiempo total del ciclo
- i: número de subciclos
- $T_i$ : tiempo de cada subciclo

Este  $L_{Aeq,T}$  corresponderá al  $L_{Aeq,d}$  cuando la jornada laboral coincida con el tiempo de exposición al ruido. Si en dicha jornada laboral existen intervalos de no exposición al ruido, el nivel diario equivalente vendrá dado por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \left( \frac{T'}{8} \right) \quad (2)$$

siendo:

$T'$  el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

Cuando no sea posible establecer dichos subciclos, se utilizará el método correspondiente al ruido aleatorio.

#### *Ejemplo*

Sea el puesto de trabajo de un pulidor cuya jornada laboral se compone de ciclos de 85 minutos distribuidos de la siguiente forma:

- Pulido de piezas: 70 minutos.
- Limpieza de piezas con aire comprimido: 10 minutos.
- Transporte de piezas: 5 minutos.

Con una duración total de 7,5 horas de dicha jornada, haciendo una pausa de 30 minutos para desayunar en el comedor de la empresa, donde no hay exposición al ruido.

Efectuado un estudio previo sobre el tipo de ruido al que está expuesto el trabajador se ha llegado a las siguientes conclusiones: durante el pulido de piezas el ruido al que está sometido es periódico; la limpieza con aire comprimido genera un tipo de ruido aleatorio, mientras que durante el transporte de piezas el trabajador está únicamente sometido al ruido de fondo de la nave que se puede considerar estable.

Las mediciones se efectuaron con un sonómetro integrador-promediador utilizando la siguiente metodología:

- **Pulido de piezas:** Se efectuaron 5 mediciones del nivel equivalente correspondiente al ruido generado por sendas piezas, obteniéndose los siguientes datos en dBA: 92, 95, 93, 91, 93, lo que supone un LAeq,T1 de 93 dBA.
- **Limpieza de piezas con aire comprimido:** Al tratarse de un ruido aleatorio, se efectuó un medición del nivel equivalente durante todo el subciclo, obteniéndose un LAeq,T2 de 100 dBA.
- **Transporte de piezas:** Se efectuaron 3 mediciones del nivel equivalente, obteniendo un LAeq,T3 de 80 dBA.
- **Nivel diario equivalente:** Mediante la aplicación de la expresión (1) se obtiene:

$LA_{eq,T} = 10 \lg \frac{1}{85} (70 \times 100,1 \times 93 + 10 \times 100,1 \times 100 + 5 \times 100,1 \times 80) = 94,5 \text{ dBA}$ ,  
y, mediante la aplicación de la expresión (2), obtenemos:  
 $LA_{eq,d} = 94,5 + 10 \lg (7,5/8) = 94,2 \text{ dBA}$

### **Muestreo de ciclos de trabajo**

Debido a que los niveles de ruido varían de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas, siempre podrá efectuarse una estimación del LAeq,T, así como un intervalo de confianza alrededor de este valor, mediante la metodología expuesta en el apartado 6.

### **Evaluación del LAeq,d por muestra**

El método expuesto a continuación permite estimar, a partir de un cálculo realizado en un número limitado de muestras prefijadas al azar, el valor probable de LAeq,d, así como el intervalo de confianza alrededor de este valor.

Este método se realizará necesariamente en las circunstancias que se han descrito anteriormente y opcionalmente en cualquier caso.

### **Elección del momento de la medición**

Este método exige que las mediciones se efectúen de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diversos ciclos de trabajo, la elección de los ciclos en los que efectuaremos las mediciones se llevará a cabo mediante la utilización de una tabla de números aleatorios.

Si el periodo en el cual el ruido es aleatorio no corresponde a la totalidad de la jornada laboral, sino que se trata de un subciclo de trabajo, se deberá elegir también de forma aleatoria el momento de la medición.

En el caso en que el ruido aleatorio abarque la totalidad de la exposición del trabajador, la tabla 1 proporciona directamente el día y la hora de la jornada en que se debe efectuar la medición, teniendo en cuenta que la hora real de aplicación estará en función de la hora de inicio de la jornada laboral.

**Tabla 1: Números aleatorios para la medición de ruido**

VIERNES	3ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	6ª	VIERNES	7ª
LUNES	6ª	MARTES	8ª	MARTES	1ª	MARTES	8ª	MIERCOLES	8ª
MIERCOLES	2ª	LUNES	8ª	LUNES	6ª	LUNES	3ª	MARTES	2ª
LUNES	8ª	JUEVES	5ª	LUNES	1ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª
LUNES	4ª	LUNES	1ª	LUNES	1ª	VIERNES	7ª	LUNES	1ª
VIERNES	7ª	MARTES	6ª	LUNES	7ª	JUEVES	8ª	JUEVES	8ª
LUNES	8ª	MIERCOLES	7ª	MIERCOLES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	5ª
VIERNES	5ª	LUNES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	MARTES	8ª
MIERCOLES	5ª	LUNES	2ª	MARTES	8ª	MARTES	6ª	MARTES	7ª
VIERNES	3ª	JUEVES	4ª	LUNES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	2ª
MIERCOLES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	JUEVES	1ª	MIERCOLES	1ª
MIERCOLES	7ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	LUNES	1ª	VIERNES	2ª
MARTES	4ª	MARTES	8ª	LUNES	4ª	VIERNES	6ª	MIERCOLES	2ª
LUNES	3ª	MARTES	7ª	JUEVES	4ª	MARTES	5ª	MIERCOLES	1ª
MARTES	1ª	VIERNES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	5ª	MIERCOLES	4ª
MIERCOLES	6ª	MIERCOLES	1ª	JUEVES	6ª	MIERCOLES	1ª	MIERCOLES	2ª
VIERNES	6ª	MIERCOLES	3ª	MARTES	1ª	MIERCOLES	7ª	MARTES	7ª
LUNES	7ª	JUEVES	3ª	LUNES	1ª	MIERCOLES	7ª	VIERNES	7ª
LUNES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	4ª	MIERCOLES	1ª	LUNES	3ª
MARTES	3ª	MIERCOLES	3ª	MIERCOLES	6ª	MARTES	2ª	MARTES	1ª
MARTES	1ª	MIERCOLES	6ª	MIERCOLES	3ª	MIERCOLES	1ª	MIERCOLES	7ª
MIERCOLES	2ª	LUNES	1ª	MIERCOLES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	6ª
MIERCOLES	6ª	MARTES	3ª	LUNES	3ª	LUNES	5ª	LUNES	3ª
MARTES	7ª	MARTES	1ª	LUNES	3ª	VIERNES	1ª	MIERCOLES	1ª
LUNES	5ª	MIERCOLES	2ª	MARTES	5ª	JUEVES	2ª	MIERCOLES	4ª
MIERCOLES	2ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª	LUNES	5ª	MARTES	6ª
LUNES	5ª	VIERNES	5ª	MIERCOLES	2ª	MARTES	3ª	MARTES	6ª
LUNES	8ª	LUNES	1ª	LUNES	7ª	VIERNES	2ª	MIERCOLES	7ª
MARTES	1ª	LUNES	7ª	MIERCOLES	5ª	LUNES	6ª	JUEVES	4ª
MARTES	8ª	VIERNES	2ª	MIERCOLES	3ª	MIERCOLES	8ª	MARTES	2ª

La metodología será la siguiente:

- Elegimos arbitrariamente en la tabla una posición de partida.
- El resultado obtenido nos proporciona la información del día de la semana y la hora de la jornada laboral en que deberemos efectuar la medición.
- Seguimos leyendo en la tabla hacia abajo, utilizando el mismo método para cada dato que encontremos, hasta obtener el número de muestras conveniente.

### Ejemplo

Supongamos que tenemos que efectuar las mediciones aleatorias de un puesto de trabajo. El horario de trabajo es de 7 a 15 horas.

- Escogemos en la tabla adjunta una posición de partida de forma totalmente arbitraria. En nuestro caso escogemos el primer dato de la tercera columna (Viernes, 4ª hora)
- El resultado obtenido nos indica que debemos efectuar la primera medición el próximo viernes a la 4ª hora de la jornada laboral. Es decir, si el horario es de 7 a 15 horas, efectuaremos nuestra medición a las 10 horas.
- La siguiente medición la efectuaremos a partir del dato posterior (Martes, 10 hora), es decir, el primer martes, después de la primera medición, a las 7 horas.

La tercera medición la efectuaremos a partir del siguiente dato (Lunes, 6ª hora), es decir, el siguiente lunes a las 12 horas.

Y así sucesivamente hasta obtener el número de mediciones necesarias.

### Estimación estadística de LAeq,d

Se parte de la hipótesis de que la exposición al ruido durante un período largo de trabajo -varios años- sigue una distribución normal, siendo su media LAeq,d.

Según esta hipótesis, la estimación de la distribución normal se realizaría, como se indica en la Norma Francesa (NF - S31 - 084) utilizando la distribución 't' de Student convencional.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Cálculo de la media y la desviación estándar.

Sea  $L_i$ , el nivel de LAeq de la muestra ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

La estimación de la media vendrá dada por la relación

$$L_{Aeq,d} = \frac{\sum L_i}{n} \quad (3)$$

Los límites de confianza al 95% alrededor de este valor están dados en la tabla 2, en función del número  $n$  de muestras evaluadas y de la desviación tipo  $S_L$  de los niveles  $L_i$ , calculada por la fórmula

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum (L_i - L)^2}{n-1}} \quad (4)$$

- Búsqueda en la tabla del error cometido en la determinación, según el número de muestras y la desviación estándar obtenidos.
- Si el error es superior a 2 dBA, el número de muestras es insuficiente, por lo que debe repetirse el muestreo al azar y los cálculos.

### Ejemplo

Sea el puesto de trabajo de rondista de turbina de una central térmica en explotación, cuyos LAeq, obtenidos mediante un muestreo aleatorio, han arrojado los siguientes datos: 91 - 94 - 93 - 89 - 88 dBA

La aplicación de la fórmula (3) nos da la estimación del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A:

LAeq,d = 91 dBA



N	T	S <sub>L</sub>																										
		3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9
3	4,303	6	8	9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
4	3,182	5	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10
5	2,776	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
6	2,571	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
7	2,447	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6
8	2,365	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
9	2,306	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
10	2,262	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
11	2,228	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
12	2,201	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4
13	2,179	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
14	2,16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	2,145	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16	2,131	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17	2,12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
18	2,11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19	2,101	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
20	2,093	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
21	2,086	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
22	2,08	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
23	2,074	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
24	2,069	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
25	2,064	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
26	2,06	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
27	2,056	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28	2,052	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
29	2,048	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
30	2,045	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
31	2,042	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
36	2,03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
41	2,021	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
46	2,014	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
51	2,009	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
61	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Como el intervalo de confianza es superior a 2, deberemos efectuar sucesivas mediciones. Una sexta medición, de la misma forma aleatoria nos ofrece un LAeq de 90 dBA y las siguientes estimaciones:

LAeq,d = 91 dBA

SL = 2,3 dB

Intervalo de confianza = 2 dB

El resultado de la medición será entonces:

LAeq,d = 91 ±2 dBA.

Si las medidas se han efectuado con un instrumento de tipo 2, la incertidumbre debida al instrumento será de ±1 dBA, siendo la global, entonces, de 3 dBA. El resultado global de la medición-será, por tanto:

LAeq,d = 91 ±3 dBA.

## Calibración del sonómetro

El sonómetro deberá calibrarse periódicamente, preferiblemente antes y después de cada medición. Para ello, dispondremos de un calibrador con el cual realizar esta tarea.

Cada sonómetro dispone de su modelo de calibrador específico, no siendo válidos todos los calibradores para todos los sonómetros.

La calibración del sonómetro la realizamos nosotros mismos, y para ello lo pondremos en modo calibración y le acoplaremos el calibrador, que emitirá un sonido a unos decibelios prefijados.



La calibración deberá realizarse siguiendo las instrucciones del fabricante y se suele realizar de forma vertical, insertando el micrófono en el hueco del calibrador.

Se grabará en la memoria del sonómetro la fecha y hora de calibración, este dato podrá ser reflejado en los informes que imprimamos.

El calibrador, deberá ser calibrado anualmente en un laboratorio autorizado. El resguardo la esta calibración, será remitido al cliente junto con los resultados del informe de medición.