

## ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería

ACOUSTICS. Determination of occupational noise exposure. Engineering method

(EQV. ISO 9612:2009 ACOUSTICS -- Determination of occupational noise exposure -- Engineering method)

**2010-09-29**  
**1ª Edición**

## ÍNDICE

	<b>página</b>
INDICE	i
PREFACIO	iii
1. Objeto y campo de aplicación	1
2. Referencias Normativas	1
3. Términos y definiciones	2
4. Símbolo	7
5. Instrumentación	8
6. Metodología- Etapas Cronológicos	10
7. Análisis de la labor	11
8. Selección de las estrategias de medición	14
9. Estrategia 1- Medición basada en la tarea	15
10. Estrategia 2- Medición basado en el trabajo	20
11. Estrategia 3- Medición de una jornada completa	23
12. Mediciones	25
13. Fuentes de incertidumbre	29
14. Cálculo de incertidumbres de la medición y presentación de los resultados finales.	32
15. Información a ser reportada.	32
ANEXO A (Informativo)	36
ANEXO B (Informativo)	37
ANEXO C (Normativo)	41
ANEXO D (Informativo)	53
ANEXO E (Informativo)	58
ANEXO F (informativo)	62



## PREFACIO

### A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Acústica y medición de ruido ambiental, mediante el Sistema 1 u de Adopción, durante los meses de enero a julio de 2010, utilizando como antecedente a la norma ISO 9612. Acoustics- Determination of occupational Boise exposure- Engineering method.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Acústica y medición de ruido ambiental presentó a la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias –CNB-, con fecha 2010-07-19, el PNTP-ISO 9612:2010 para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 2010-08-28. No habiéndose presentado observaciones fue oficializado como Norma Técnica Peruana **NTP-ISO 9612:2010 ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería**, 1ª Edición, el 17 de diciembre de 2010.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurado de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

### B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	DIGESA
Presidente	Eusebio Robles García - DIGESA
Secretario	Francisco Fuentes Paredes
<b>ENTIDAD</b>	<b>REPRESENTANTE</b>
Sociedad Nacional de Minería, Energía y Petróleo	Carlos Aranda A.
Sociedad Nacional de Industrias	Cecilia Rosell

Ministerio de la Producción	Carmen Mora Donayre
Ministerio de Transportes y Comunicaciones	Martha Tello Rivas
Ministerio del Ambiente	Raúl Roca
Ministerio de Energía y Minas	Wilmer Vásquez Cerna
Municipalidad Provincial del Callao	Arturo Espinoza Martínez
Municipalidad Metropolitana de Lima	Carol Ordoñez Aquino
ARQUICUST SRL	Elena Gushiken Uesu Walter A. Montano
Pontificia Universidad Católica del Perú	Jorge Néstor Moreno Ruiz

---oooOooo---

# ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana especifica un método de ingeniería que permite medir la exposición al ruido de los trabajadores en un ambiente de trabajo y calcular el nivel de exposición al ruido. Esta Norma Técnica Peruana trata de los niveles ponderados A, pero también es aplicable a los niveles ponderados C. Se especifican tres estrategias diferentes para la medición. El método es útil cuando se requiere determinar la exposición al ruido con grado de ingeniería, por ejemplo, para estudios detallados de exposición al ruido o estudios epidemiológicos de daños auditivos u otros efectos adversos.

El proceso de medición requiere la observación y el análisis de las condiciones de exposición al ruido, de manera que pueda ser controlada la calidad de las mediciones. Esta Norma Técnica Peruana proporciona métodos que permiten estimar la incertidumbre de los resultados.

Esta Norma Técnica Peruana no está destinada a la evaluación del enmascaramiento de la comunicación oral ni a la evaluación de los efectos de los infrasonidos, de los ultrasonidos o de los efectos no auditivos del ruido. No se aplica a la medición de la exposición al ruido del oído cuando se usan protectores auditivos.

Los resultados de las mediciones realizadas de acuerdo con esta Norma Técnica Peruana, pueden aportar información útil cuando se definen las prioridades para las medidas de control de ruido.

## 2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las Normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de ésta, las referencias actualizadas, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias no fechadas, se aplica la última edición de la Norma (incluyendo cualquier modificación de ésta).

ISO 1999	<i>Acústica- Determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación del daño auditivo inducido por el ruido.</i>
Guía ISO/IEC 98-3	<i>Incertidumbre de medición. Parte 3: Guía para la expresión de la incertidumbre de medición (GUM:1995).</i>
IEC 60942:2003	<i>Electroacústica- Calibradores acústicos.</i>
IEC 61252	<i>Electroacústica- Especificaciones de los dosímetros acústicos individuales.</i>
IEC 61672-1:2002	<i>Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones.</i>

### **3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

Para los fines de este documento, se aplican los siguientes términos y definiciones.

#### **3.1 Nivel de presión sonora promediado en el tiempo ponderado A**

$$L_{p,A,T}$$

### Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A

$$L_{p,A,eqT}$$

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente del promedio temporal del cuadrado de la presión sonora con ponderación A,  $p_A$ , durante un intervalo de tiempo indicado de duración  $T$  (comenzando en  $t_1$  y finalizando en  $t_2$ ), y el cuadrado de un valor de referencia,  $p_0$ , expresado en decibeles

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left[ \frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \text{ dB} \quad (1)$$

donde el valor de referencia,  $p_0$ , es 20  $\mu\text{Pa}$ .

NOTA Adaptado del Informe Técnico NTP-ISO/TR 25417:2009 <sup>[9]</sup>.

### 3.2 Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado para una jornada laboral de 8 h; nivel diario de exposición al ruido

$$L_{EX,8h}$$

<Ruido laboral> nivel, en decibeles, dado por la ecuación:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left[ \frac{T_e}{T_0} \right] \text{ dB} \quad (2)$$

donde

$L_{p,A,eqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para  $T_e$ ;

$T_e$  es la duración efectiva, en horas, de la jornada laboral;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h.

NOTA 1 Si la duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e$ , es igual a 8 h, entonces  $L_{EX,8h}$  es igual a  $L_{p,A,eq,8h}$ .

NOTA 2 Si se desea conocer la exposición media o normalizada de varios días, se puede utilizar la ecuación (3):

$$\bar{L}_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \frac{1}{X} \sum_{x=1}^X 10^{0,1 \times L_{EX,8h,x}} \right] \text{ dB} \quad (3)$$

El valor de  $X$  se escoge de acuerdo al propósito del proceso de promediar. Por ejemplo,  $X = 5$  lleva a un nivel diario de exposición al ruido normalizado a una semana laboral de 5 días laborables de 8 h.

NOTA 3 Esta definición difiere de la dada en el Informe Técnico NTP-ISO/TR 25417:2009<sup>[9]</sup>.

### 3.3 Jornada laboral

Es el día laborable sobre la cual se determina la exposición al ruido.

NOTA 1 El día laboral se determina a partir del análisis del trabajo y depende del propósito de las mediciones. Por ejemplo, se puede tratar de una jornada tipo que representa el trabajo realizado en varios días o de un día de trabajo con la exposición al ruido más alta. Ver también el apartado 7.3.

NOTA 2 El nivel de exposición al ruido se calcula generalmente sobre una base diaria, pero en determinadas circunstancias, se considera adecuado el uso de períodos de exposición al ruido semanales o más largos.

### 3.4 Nivel de presión sonora de pico con ponderación C, $L_{p,Cpico}$ :

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el cuadrado de la presión sonora pico con ponderación C,  $p_{Cpico}$ , y el cuadrado de un valor de referencia,  $p_0$ , expresado en decibeles.

$$L_{p,Cpico} = 10 \lg \frac{p_{Cpico}^2}{p_0^2} \text{ dB} \quad (4)$$

donde el valor de referencia,  $p_0$ , es 20  $\mu\text{Pa}$ .

### **3.5 Tarea**

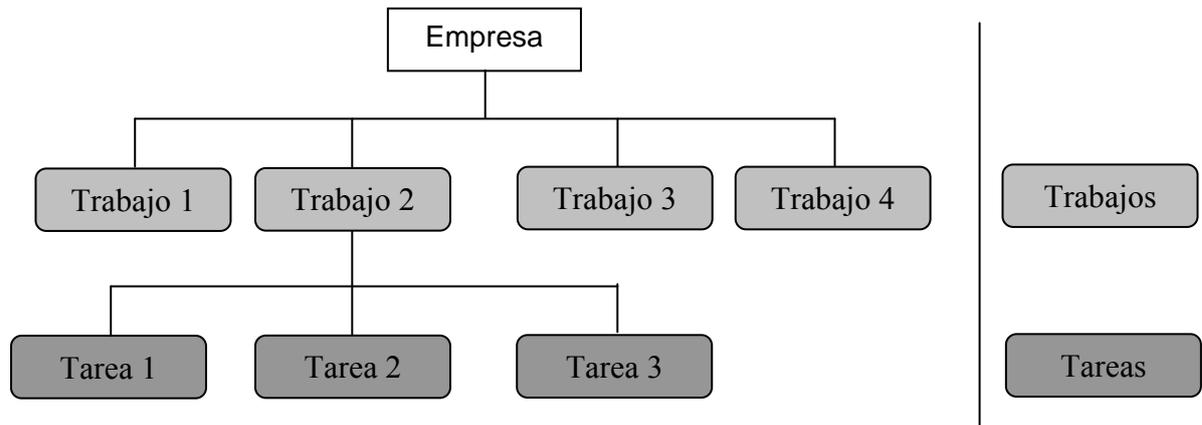
<Ruido laboral> Parte determinada parte de la actividad profesional de un trabajador  
La figura 1 ilustra la jerarquía de las funciones y tareas.

### **3.6 Trabajo**

< Ruido laboral > Actividad profesional global que desempeña un trabajador, consistente en todas las tareas realizadas por el trabajador durante una jornada laboral completa o un turno de trabajo completo.

NOTA Un trabajador/a a menudo tiene una identificación de función que describe su trabajo, a veces complementado por una descripción adicional para garantizar una clara identificación, por ejemplo “soldador - línea de proceso A”

La figura 1 ilustra la jerarquía de los trabajos y tareas.



Leyenda	
Trabajo 1 montadores de andamios	Tarea 1 planificación
Trabajo 2 soldadores	Tarea 2 amoladura
Trabajo 3 pintores	Tarea 3 soldadura
Trabajo 4 vigilantes	

**FIGURA 1 – Un ejemplo ilustrativo de la jerarquía de trabajos y tareas**

#### 4 SÍMBOLOS

$c_i$	Coefficiente de sensibilidad relacionado con cada magnitud de entrada	—
$c_1$	Coefficiente de sensibilidad asociado a la cantidad de mediciones del nivel de ruido por trabajo	—
$c_{1a,m}$	Coefficiente de sensibilidad asociado a la cantidad de mediciones del nivel de ruido de la tarea m	—
$c_{1b,m}$	Coefficiente de sensibilidad asociado a la estimación de la duración de la tarea m	dB h-1
$c_2$	Coefficiente de sensibilidad asociado a los instrumentos de medición	—
$c_3$	Coefficiente de sensibilidad asociado a la posición del micrófono	—
$i$	Número de medición de la tarea	—
$I$	Número total de mediciones de la tarea	—
$j$	Número de observaciones de la duración de la tarea	—
$J$	Número total de observaciones de la duración de la tarea	—
$k$	Factor de cobertura relacionado con el intervalo de confianza	—
$K_N$	Denominador según se indica en el apartado C.3.3, Nota 2	—
$L_{EX,8h}$	Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 h	dB
$\bar{L}_{EX,8h}$	Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral promediada de 8 h	dB
$L_{EX,8h,m}$	Nivel de exposición al ruido ponderado A de la tarea m que contribuye al nivel de exposición diaria al ruido	dB
$L_{p,A,eq,T,m}^*$	Estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m	dB
$L_{p,A,T}$ $=L_{p,A,eqT}$	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para un período T	dB
$L_{p,A,eqT,m}$	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la tarea m	dB
$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$	Media aritmética de un determinado número de mediciones de los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea m	dB
$L_{p,A,eqT,n}$	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A de la medición n del trabajo	dB
$L_{p,A,eqTe}$	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral	dB
$L_{p,C,pico}$	Nivel de presión sonora pico ponderado C	dB
$m$	Número de la tarea	—
$M$	Número total de tareas	—
$n$	Número de medición de un trabajo	—

$N$	Número total de mediciones de un trabajo	–
$n_G$	Número de trabajadores en un grupo de exposición homogéneo	–
$p_0$	Valor de referencia; $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa	Pa
$p_A$	Presión sonora ponderada A	Pa
$p_{Cpico}$	Presión sonora pico ponderada C	Pa
$Q_2$	Corrección relativa a los instrumentos de medición	dB
$Q_3$	Corrección relativa a la posición del micrófono	dB
$t$	duración de la medición según se describe en la figura 2	h
$T$	Período de tiempo sobre el que se calcula un promedio	h
$T_0$	Duración de referencia; $T_0 = 8$ h	h
$T_e$	Duración efectiva de la jornada laboral	h
$T_m$	Duración de la tarea m	h
$T_{m,j}$	Duración de la medición j de la tarea m	h
$T_n$	Duración de la medición de trabajo n	h
$U$	Incertidumbre expandida	dB
$u$	Incertidumbre estándar combinada	dB
$u_i$	Incertidumbre estándar de cada magnitud de entrada	dB
$u_1$	Incertidumbre estándar de la media energética de un número de mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A	dB
$u_1^*$	Incertidumbre estándar estimada de un número de mediciones del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A	dB
$u_{1a,m}$	Incertidumbre estándar debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea m	dB
$u_{1b,m}$	Incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la tarea m	h
$u_2$	Incertidumbre estándar debida a la instrumentación	dB
$u_{2,m}$	Incertidumbre estándar debida a la instrumentación en el método de la tarea	dB
$u_3$	Incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono	dB
$x$	Número del día	–
$X$	Número total de días	–

## 5. INSTRUMENTACIÓN

### 5.1 Sonómetros y dosímetros sonoros individuales

Las mediciones se pueden realizar utilizando sonómetros integradores-promediadores o dosímetros sonoros individuales.

Los sonómetros, incluyendo el micrófono y cables asociados, tienen que cumplir los requisitos relativos a la instrumentación de clase 1 o de clase 2 especificados en la Norma IEC 61672-1:2002. Son preferibles los instrumentos de clase 1, y se tienen que utilizar

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

cuando se mide a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto por altas frecuencias (ver también la Nota 3).

Los dosímetros sonoros personales, incluyendo el micrófono y el cable, tienen que cumplir los requisitos especificados en la Norma IEC 61252. Se recomienda utilizar los dosímetros sonoros personales que cumplan con los requisitos de clase 1 de la Norma IEC 61672-1:2002, y debe ser usado cuando se mide a muy bajas temperaturas o cuando el ruido está compuesto por altas frecuencias (ver también las notas 2 y 4).

NOTA 1 La mayoría de sonómetros que cumplen con los requisitos de la Norma IEC 60651:2001 [10]<sup>1)</sup> y de la Norma IEC 60804:2000 [11]<sup>1)</sup> también cumplen con los requisitos de la Norma IEC 61672-1:2002.

NOTA 2 El instrumento “medidor personal de la exposición al sonido” a menudo se lo denomina “dosímetro de ruido”.

NOTA 3 En la Norma IEC 61672-1:2002, para los instrumentos de clase 1, los límites de las tolerancias especificadas se aplican para el rango de temperaturas entre -10 °C a 50 °C. Para los instrumentos de clase 2, según la Norma IEC 61672-1:2002, y para los dosímetros sonoros personales de acuerdo con la Norma IEC 61252, la influencia de las variaciones de la temperatura del aire sobre el nivel de la señal medida se especifica sobre el rango de 0 °C a 40 °C. Para conservar la precisión cuando se realizan las mediciones fuera de este rango de temperaturas, puede ser necesario utilizar un instrumento para el que el fabricante haya especificado su conformidad para un rango de temperaturas más amplio. De forma alternativa, se puede seleccionar un sonómetro de clase 1 de acuerdo con la Norma IEC 61672-1:2002. En ambientes fríos, el instrumento de medición se tendría que mantener a una temperatura adecuada, por ejemplo, guardándolo debajo de la ropa, de manera que sólo el micrófono esté expuesto a las bajas temperaturas.

NOTA 4 La elección de la instrumentación influye en la incertidumbre de las mediciones.

NOTA 5 En cuanto a los dosímetros sonoros personales, la Norma IEC 61252 permite tolerancias en las características de frecuencia por encima de 4 000 Hz más amplias, que pueden llevar a una medición incorrecta de los sonidos de altas frecuencias, como los emitidos por los conductos de aire. Para poder reducir la incertidumbre a la hora de medir un ruido dominado por las altas frecuencias, puede ser necesario utilizar un instrumento de medición que el fabricante especifique características de alta frecuencia dentro de un rango de tolerancia estrecho. Alternativamente, se puede seleccionar un sonómetro de clase 1, especificado según la Norma IEC 61672-1:2002.

Los medidores de exposición al sonido personales pueden tener un umbral de corte por debajo de los 70 dB. Se tiene que comprobar si este hecho influye en el resultado de la medición.

---

<sup>1)</sup> Sustituida

## **5.2 Calibrador**

El calibrador tiene que cumplir los requisitos especificados para los de clase 1 de la Norma IEC 60942:2003.

## **5.3 Verificación periódica**

La comprobación del calibrador sonoro y la conformidad del sistema de instrumentación con los requisitos de las Normas IEC 61672-1, IEC 61252, y otras de interés, se tiene que verificar a intervalos en un laboratorio que realice con normas apropiadas calibraciones trazables.

Salvo que los reglamentos nacionales especifiquen lo contrario, se recomienda que el calibrador sonoro y el sistema de instrumentación se verifiquen a intervalos que no excedan los 2 años con los requisitos de la Norma IEC 61672-1.

En el informe de medición, se tiene que registrar e indicar la fecha de la última verificación periódica y el nombre del laboratorio que la realizó.

## **6. METODOLOGÍA – ETAPAS CRONOLÓGICAS**

### **6.1 Etapa 1: Análisis de la labor**

El análisis de la labor tiene que proporcionar suficiente información sobre el trabajo y los trabajadores bajo estudio, de manera que se pueda escoger la estrategia más adecuada y se puedan planificar las mediciones. El análisis de la labor se tiene que realizar de acuerdo con el capítulo 7.

### **6.2 Etapa 2: Selección de la estrategia de medición**

Una estrategia de medición se tiene que elegir seleccionándola de entre una medición basada en la tarea, en el trabajo o de una jornada completa como se especifica en el capítulo 8. Si fuese relevante, se puede utilizar más de una estrategia de medición (ver el capítulo B.6).

### **6.3 Etapa 3: Mediciones**

El índice básico de medición será  $L_{p,A,eqT}$ . Además, si procede, se tiene que medir el  $L_{p,Cpico}$ . Las mediciones tienen que seguir la estrategia escogida según se especifica en uno de los capítulos 9, 10 u 11 y cumplir con los requisitos del capítulo 12.

### **6.4 Etapa 4: Tratamiento de errores e incertidumbres**

Las fuentes de errores e incertidumbres que pueden influir en el resultado se tienen que evaluar de acuerdo a los capítulos 13 y 14.

### **6.5 Etapa 5: Cálculos y presentación de los resultados y de la incertidumbre**

Se tiene que calcular el  $L_{EX,8h}$  como se especifica para la estrategia seleccionada (ver los capítulos 9, 10 y 11) y la incertidumbre como se especifica en el anexo C. Los resultados y las incertidumbres se pueden calcular utilizando una hoja de cálculo.

Los resultados se tienen que presentar como se especifica en el capítulo 15. Los anexos D, E y F contienen ejemplos prácticos para una medición basada en la tarea, una basada en trabajo y una de una jornada completa, respectivamente.

## **7. ANÁLISIS DE LA LABOR**

### **7.1 Introducción**

Se requiere un análisis de la labor en todas las situaciones. Tiene que proporcionar la información necesaria para:

- a) describir las actividades de la empresa y de los trabajos de los trabajadores bajo estudio;
- b) si fuese relevante, definir grupos de exposición homogénea al ruido (ver 7.2);

- c) determinar una o varias jornadas laborales para cada trabajador o grupo;
- d) si fuese relevante, identificar las tareas que constituyen los trabajos;
- e) identificar los posibles eventos de ruido significantes;
- f) elegir la estrategia de medición;
- g) establecer el plan de medición.

Las labores del trabajo se tienen que analizar poniendo énfasis en producción, proceso, organización, trabajadores y actividades.

Las mediciones se pueden realizar utilizando la estrategia basada en la tarea, en trabajo o en una jornada completa. Sea cual fuese la estrategia aplicada, es esencial identificar todos los eventos importantes con respecto a la exposición al ruido y garantizar que el plan de medición los tome en cuenta. Ir al Anexo A para ver un ejemplo de una lista de verificación.

NOTA El orden de ejecución de los elementos antes mencionados, pueden depender de la complejidad de la situación en el lugar. Los elementos están fuertemente conectados y, por lo tanto, el proceso puede ser iterativo en situaciones complejas, es decir, que un conocimiento más profundo de uno de los elementos puede desembocar en una nueva descripción o en una redefinición de los otros.

## 7.2 Definiendo los grupos de exposición homogénea al ruido

Los esfuerzos de la medición se pueden reducir definiendo grupos de exposición homogénea al ruido. Se trata de grupos de trabajadores que están realizando la misma labor y por lo tanto expuestos a exposiciones similares de ruido durante la jornada laboral. Si esto se utiliza, el grupo de exposición homogéneo al ruido se tiene que identificar claramente, y puede estar constituido por uno o más trabajadores.

NOTA Un *grupo de exposición homogéneo al ruido* en EEUU también se lo denomina *grupo de exposición similar al ruido*.

Los grupos de exposición homogénea al ruido, se pueden definir de diversas maneras: por ejemplo, se puede definir a estos grupos en función del nombre de su puesto, de su función, de su área de trabajo o de su profesión. Alternativamente, los grupos se pueden definir analizando el trabajo según los criterios de producción, de proceso o por criterio de actividad laboral.

Independientemente de la manera de definir los grupos, se tendría que verificar consultando con los trabajadores y el supervisor y, en última instancia, mediante una evaluación de los resultados de medición (ver 10.4).

### **7.3 Determinación de una jornada laboral**

Una jornada laboral, comprendiendo los períodos de trabajo y las pausas, se tiene que determinar consultando tanto con los trabajadores como con la dirección. El trabajo se tiene que someter a estudio para obtener una visión de conjunto y una comprensión de todos los factores que pueden influir en la exposición al ruido. Para más detalles ver el Anexo A.

Los temas que se tienen que abordar son los siguientes:

- a) tareas (contenido y duración) y variación dentro de las mismas;
- b) principales fuentes de ruido y áreas ruidosas de trabajo;
- c) pautas de trabajo y cualquier evento significativo de ruido, que tenga como resultado un cambio en el nivel de ruido;
- d) número y duración de las pausas, reuniones, etc., y de si se tendrían que considerar como parte de la jornada laboral o no.

Las mediciones tienen que ser planificadas para garantizar que estén incluidos todos los eventos significativos de ruido. Para cada uno de los eventos, se tiene que registrar, cuando se produzca, su naturaleza, duración y frecuencia diaria. En el anexo A se muestra un ejemplo de lista de comprobación para garantizar que los eventos significativos de ruido se detecten durante el análisis de trabajo.

En algunos casos la labor, y por lo tanto la exposición al ruido, varía de un día a otro, no hay una exposición diaria tipo, por ejemplo, para trabajadores que cada día trabajan en sitios distintos o realizan trabajos distintos. En esos casos, la jornada laboral se puede definir a partir de las situaciones de trabajo durante varios días, por ejemplo, una semana. Ver también las Notas 3.2 y 3.3.

Cualquiera de los indicadores, que caracterizan la labor con respecto al ruido, tienen que ser identificados, cuantificados y registrados. Ejemplos de tales indicadores son: el tipo de producción en proceso, los materiales, las cantidades, el espesor de la pieza trabajada, el ajuste, la velocidad, y el número involucrado de trabajadores.

Si el propósito de las mediciones es para estimar el riesgo a largo plazo de la pérdida auditiva de los trabajadores, entonces la jornada laboral escogida tiene que ser representativa de la exposición media sobre el período considerado, de acuerdo con la Norma ISO 1999.

## **8. SELECCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN**

### **8.1 General**

La selección apropiada de una estrategia de medición está influenciada por varios factores, tales como el propósito de las mediciones, la complejidad de la situación del trabajo, el número de trabajadores implicados, la duración efectiva de la jornada laboral, el tiempo disponible para la medición y el análisis y la cantidad de información detallada requerida.

### **8.2 Estrategias de medición**

Esta Norma Técnica Peruana ofrece tres estrategias de medición para la determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo. Esas estrategias son las siguientes:

- a) medición basada en la tarea: se analiza el trabajo realizado durante la jornada y se divide en un cierto número de tareas representativas y, para cada tarea, se hacen mediciones por separado del nivel de presión sonora (ver capítulo 9);
- b) medición basada en el trabajo: se toma un cierto número de mediciones aleatorias del nivel de presión sonora durante la realización de trabajos con particularidades (ver capítulo 10);
- c) medición de una jornada completa: el nivel de presión sonora es medido continuamente a lo largo de jornadas laborales completas (ver capítulo 11).

El anexo B proporciona una guía detallada para la elección de la estrategia de medición.

## 9. ESTRATEGIA 1 - MEDICIÓN BASADA EN LA TAREA

### 9.1 Dividiendo la jornada laboral en tareas

Para los trabajadores o los grupos de exposición homogénea al ruido bajo evaluación, la jornada laboral se tiene que dividir en tareas. Cada tarea se tiene que definir de manera tal que el  $L_{p,A,eqT}$  sea, con probabilidad, repetible. Es necesario garantizar que estén incluidas todas las contribuciones relevantes al ruido. La información detallada, con respecto a la duración de las tareas, es importante especialmente para aquellas fuentes con altos niveles de ruido.

Para obtener una correcta determinación del  $L_{p,A,eqT}$  y del  $L_{p,Cpico}$ , es importante la identificación de las fuentes de ruido y de las tareas que registran los niveles pico más elevados.

### 9.2 Duración de las tareas

Se tienen que determinar el  $T_m$  de las duraciones de las tareas; esto se puede realizar mediante:

- a) entrevistas con los trabajadores y el supervisor;
- b) observación y duración del tiempo durante las mediciones de ruido;
- c) recabar información, respecto al funcionamiento de las fuentes típicas de ruido (por ejemplo, los procesos de trabajo, las máquinas, las actividades en el lugar de trabajo y en su entorno).

Opcionalmente, la duración de una tarea puede ser considerada como variable. Para determinar posibles variaciones en la duración, se puede observar la tarea, por ejemplo tres veces, y registrar su duración. También es posible preguntar a varios trabajadores y supervisores, y que indiquen el rango más razonable de duración.

Si están disponibles las observaciones  $J$  de la duración de la tarea  $T_{m,j}$ , la media aritmética  $\bar{T}_m$  de la duración de la tarea, se calcula mediante la ecuación (5):

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (5)$$

La suma de las duraciones individuales,  $T_m$ , de tareas que componen la jornada laboral, se tiene que corresponder a la duración efectiva de la jornada laboral. La duración efectiva,  $T_e$ , de la jornada laboral viene dada por:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (6)$$

donde

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de la duración de tarea  $m$ ;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas.

NOTA Las mediciones basadas en la tarea, de este modo, pueden ser combinadas con las mediciones de una jornada completa para verificar que estén incluidas todas las fuentes importantes.

### 9.3 Medición del $L_{p,A,eqT,m}$ para las tareas

Para cada tarea, el valor representativo del  $L_{p,A,eqT,m}$  de la exposición al ruido del trabajador, tiene que ser medida de acuerdo al capítulo 12. Las mediciones tienen que cubrir las variaciones del nivel de ruido presente en cada tarea, en el tiempo, en el espacio y en las condiciones laborales.

El técnico encargado de la medición tiene que asegurar que la situación de trabajo sea representativa, de ser posible, el trabajador bajo estudio tiene que ser observado. Si las condiciones de operación o de trabajo se desvían de la situación normal, eso se tiene que registrar y asentar en el informe.

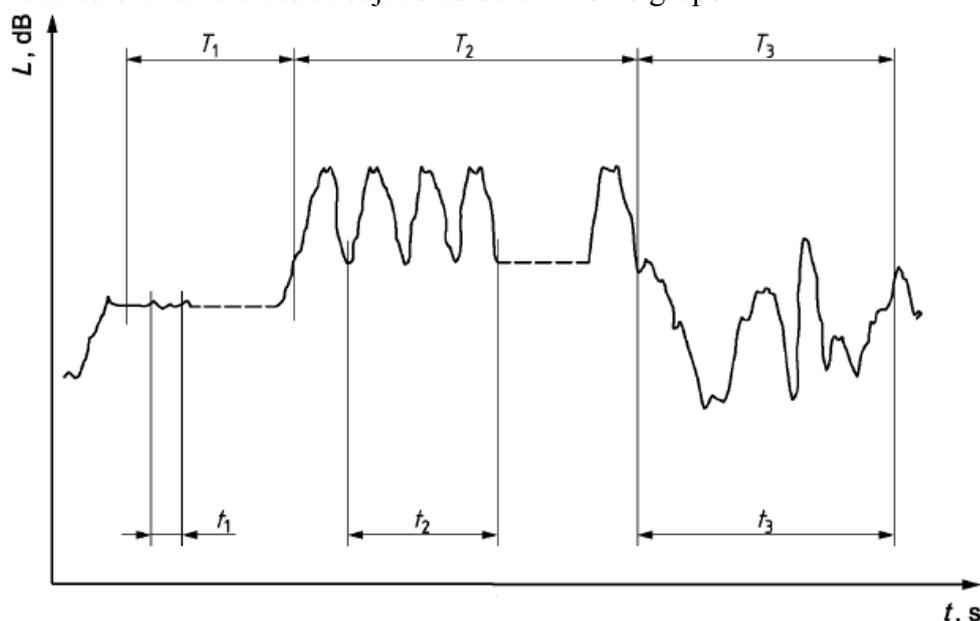
En casos que el técnico responsable de las mediciones tenga dificultades a la hora de seguir las actividades del trabajador, sin interferir en sus labores, las actividades de recabar datos se tienen que registrar por otros medios, por ejemplo, mediante entrevistas o con la revisión de los registros de trabajo, y asentarlos en el informe.

La duración de cada medición tiene que ser lo suficientemente larga como para representar el promedio del nivel de presión sonora continuo equivalente para la tarea real. Si la duración de la tarea es inferior a 5 min., la duración de cada medición tiene que ser igual a la duración de la tarea. Para tareas más largas, la duración de cada medición tiene que ser de al menos 5 min. Sin embargo, la duración de cada medición se puede reducir si el nivel es constante o repetitivo, o si el ruido producido por la tarea se considera como un contribuyente menor al total de la exposición al ruido. Ver la figura 2, tarea 1.

Si el ruido es cíclico durante la tarea, cada medición tiene que cubrir la duración de al menos tres ciclos bien definidos. Si la duración de tres ciclos es inferior a 5 min., cada medición tiene que ser de al menos 5 min. La duración de cada medición tiene que corresponder siempre a la duración de un número de ciclos enteros. Ver la figura 2, tarea 2.

Si el ruido fluctúa en forma aleatoria durante una tarea, la duración de cada medición tiene que ser lo suficientemente larga para garantizar que el valor medido del  $L_{p,A,eqT,m}$  sea representativo de toda la tarea completa. Ver la figura 2, tarea 3.

Para cada tarea, se tienen que realizar al menos tres mediciones. Para cubrir la variación real del nivel de ruido, se recomienda realizar las mediciones en diferentes momentos durante la tarea o en diferentes trabajadores de un mismo grupo.



Leyenda

$L$	nivel de ruido en función del tiempo	$t$	tiempo
$T_1$	duración de la tarea 1	$t_1$	duración de la medición 1: ruido más o menos constante
$T_2$	duración de la tarea 2	$t_2$	duración de la medición 2: ruido fluctuando cíclicamente
$T_3$	duración de la tarea 3	$t_3$	duración de la medición 3: ruido fluctuando aleatoriamente

**FIGURA 2 – Ejemplo de tres períodos con situaciones de ruido diferentes y duración real de cada medición**

Si los resultados de las tres mediciones de una tarea difieren en 3dB o más:

- a) realizar al menos tres mediciones adicionales de la tarea; o
- b) subdividir la tarea en otras menores, y repetir los apartados 9.2 y 9.3; o
- c) repetir este apartado con una duración más larga para cada medición.

NOTA Las mediciones adicionales no reducen el rango de los valores medidos, pero pueden reducir la incertidumbre parcial.

Para la tarea  $m$ , calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, a partir de  $I$  mediciones separadas,  $L_{p,A,eqT,mi}$ , como sigue:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left( \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{dB} \quad (7)$$

donde

$L_{p,A,eqT,mi}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante una tarea de duración  $T_m$ ;

$i$  es el número de una medición de la tarea  $m$ ;

$I$  es el número total de mediciones de la tarea  $m$ ;

Calcular la incertidumbre de acuerdo con el capítulo C.2.

#### 9.4 Cálculo de la contribución de cada tarea al nivel diario de exposición al ruido

El cálculo especificado en este apartado es opcional y se puede realizar si se requiere un valor para la contribución relativa de cada tarea al nivel diario de exposición al ruido; caso contrario, proceder según el apartado 9.5.

La contribución al ruido de la tarea  $m$  al nivel diario de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h,m}$ , se puede calcular como sigue:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left[ \frac{\bar{T}_m}{T_0} \right] \text{dB} \quad (8)$$

donde

$L_{p,A,eqT,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la tarea  $m$  según indica la ecuación (7);

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de la duración de la tarea  $m$ , como indica la ecuación (5);

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h.

#### 9.5 Determinación del nivel diario de exposición al ruido

Se calcula el nivel diario de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , a partir de la ecuación (9) o de la (10).

La ecuación

(9) permite el cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A, a partir del  $L_{p,A,eqT,m}$  y la duración de cada una de las tareas. Utiliza el nivel calculado por la ecuación (7) y la duración de acuerdo con el apartado 9.2.

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{dB} \quad (9)$$

Donde

$L_{p,A,eqT,m}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea  $m$  según indica la ecuación (7);

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de la duración de la tarea  $m$ , según indica la ecuación (5);

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h.

$m$  es el número de la tarea;

$M$  es el número total de tareas  $m$  que contribuyen al nivel diario de exposición al ruido

La ecuación (10) permite el cálculo del nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada una de las tareas. Se puede utilizar si la contribución relativa de cada tarea  $m$  se ha calculado de acuerdo con el apartado 9.4, utilizando la ecuación (8):

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( \sum_{m=1}^M 10^{0,1 \times L_{EX,8h,m}} \right) \text{dB} \quad (10)$$

Donde:

$L_{EX,8h,m}$  es el nivel de exposición sonora ponderado A de la tarea  $m$ , que contribuye al nivel diario de exposición al ruido;

$m$  es el número de la tarea;

$M$  es el número total de tareas que contribuyen al nivel diario de exposición al ruido.

## **10. ESTRATEGIA 2 – MEDICIÓN BASADA EN EL TRABAJO**

### **10.1 General**

El principio de esta estrategia de medición, es el de efectuar mediciones aleatorias de la exposición al ruido midiendo el  $L_{p,A,eqT}$  durante la realización de los trabajos identificados durante el análisis de las labores de trabajo.

## 10.2 Plan de medición – Número, duración y distribución de las mediciones

El plan de medición tiene que ser establecido como sigue; a partir de los trabajos identificados, se tienen que establecer grupos de exposición homogénea al ruido (ver también 7.2). Para cada grupo de exposición homogéneo al ruido:

- a) determinar, mediante la tabla 1, la duración mínima de tiempo de la medición acumulativa para el número de trabajadores,  $n_G$ , del grupo de exposición homogéneo;
- b) seleccionar la duración de la medición y número de mediciones, al menos cinco, de tal manera que la duración acumulativa sea superior o igual a la mínima determinada en el paso anterior;
- c) planificar la toma de mediciones, las cuales estarán distribuidas de forma aleatoria entre los miembros del grupo y a lo largo de la duración de la jornada laboral.

NOTA Los resultados del análisis de las labores de trabajo, juicio profesional y la viabilidad de las mediciones, pueden orientar la elección de algunas mediciones para garantizar que se incluyan los eventos específicos de ruido. El hecho de aumentar el número de mediciones reduce la incertidumbre.

**TABLA 1 – Especificaciones para la duración mínima total de medición a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño  $n_G$**

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogéneo $n_G$	Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo de exposición homogéneo
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0,5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0,25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h o fraccionar el grupo

EJEMPLO Se tuvo que establecer un plan de medición, para un grupo de exposición homogéneo de seis trabajadores, el plan de medición fue el siguiente:

- 1) el tiempo de duración acumulativo mínimo de las mediciones fue de 5,5 h (de acuerdo con la tabla 1);
- 2) el número de mediciones escogidas fue de 10, con una duración de 33 min. para cada una;
- 3) se escogieron tres trabajadores de manera aleatoria de entre el grupo de seis;
- 4) la primera medición fue elegida para justamente comenzar al principio de la jornada laboral, y la última para incluir el fin de la jornada laboral, porque el análisis de trabajo mostró que estos períodos contribuían de forma significativa a la exposición al ruido;
- 5) las otras ocho mediciones se repartieron de forma aleatoria del resto de la jornada laboral.

### 10.3 Mediciones

Las mediciones se tienen que realizar de acuerdo al capítulo 12.

### 10.4 Determinación de los niveles diario de exposición al ruido para trabajadores de un grupo de exposición homogéneo

Calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT_e}$ , para la duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e$ , mediante la ecuación (11):

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB} \quad (11)$$

donde

$L_{p,A,eqT,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición  $n$ ;

$n$  es el número de la medición de la labor de trabajo;

$N$  es el número total de mediciones de la labor de trabajo.

Calcular el nivel diario de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , de los trabajadores de un grupo dado de exposición homogéneo, mediante la ecuación (12):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (12)$$

donde

$L_{p,A,eqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral;

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h.

Calcular la incertidumbre de acuerdo al capítulo C.3.

Si la contribución a la incertidumbre  $c_1u_1$  debido a las mediciones (obtenidas de acuerdo a la tabla C.4) es mayor a 3,5 dB, se deberían realizar modificaciones al grupo de exposición homogéneo o se debería incrementar el número de mediciones para reducir la incertidumbre.

## 11. ESTRATEGIA 3 – MEDICIÓN DE UNA JORNADA COMPLETA

### 11.1 General

La medición de una jornada completa tiene que cubrir todas las contribuciones ruido relativo a las labores, incluido los períodos tranquilos, relacionados con el trabajo durante la jornada laboral. Es práctico realizar esas mediciones a largo plazo, utilizando dosímetros sonoros personales o un instrumento similar.

Cuando se utiliza esta estrategia de medición, se tiene que garantizar que los días escogidos sean representativos de lo que se define como la situación de trabajo relevante.

Por razones prácticas, podría no ser posible realizar las mediciones durante la jornada laboral completa; en esos casos, las mediciones deberían realizarse durante una parte del

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

día lo más larga posible, cubriendo todos los períodos significativos de la exposición al ruido.

NOTA: Dado que esta estrategia de medición reúne todas las contribuciones de ruido, también tiene el mayor riesgo de incluir contribuciones falsas (ver el capítulo 13). Este riesgo se puede reducir observando cuidadosamente a los trabajadores durante las mediciones, realizando mediciones puntuales y/o preguntando a los trabajadores, al final del período, acerca de las tareas que él/ella han realizado o los lugares donde él/ella han trabajado.

## 11.2 Observación de las labores del trabajo y monitoreo de las mediciones

Se debería observar a los trabajadores durante las mediciones; si esto no fuera posible, se debería comprobar la validez de las mediciones mediante una o más de las siguientes acciones:

- a) entrevistas con los supervisores y trabajadores;
- b) realizar mediciones puntuales para verificar los niveles medidos, utilizando dosímetros sonoros personales;
- c) evaluar de la exposición de los trabajadores seleccionados, utilizando las mediciones basadas en la tarea según se especifica en el capítulo 9;
- d) un examen, por parte del trabajador y del técnico encargado de la medición, del registro diario (histórico) del dosímetro sonoro personal, se tiene que hacer al final del período de trabajo, para identificar las diferentes tareas y eventos; por este motivo, es altamente recomendable el uso de dosímetros sonoros personales con capacidad de memoria.

## 11.3 Mediciones

Las mediciones se tienen que realizar de acuerdo con el capítulo 12. Inicialmente, se tienen que realizar mediciones del  $L_{p,AeqT}$  de tres jornadas completas, para representar la exposición al ruido de los trabajadores.

Si los resultados de las tres mediciones difieren en menos de 3 dB, calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada laboral para obtener la media energética de las tres mediciones; para los cálculos, ver la ecuación (11).

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

Si los resultados de las mediciones difieren en más de 3 dB, efectuar al menos dos mediciones adicionales de la jornada completa, y calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada laboral para obtener la media energética de todas las mediciones.

#### 11.4 Determinación del nivel diario de exposición al ruido

Calcular el nivel diario de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , a partir de la ecuación (13):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (13)$$

donde

$L_{p,A,eqT_e}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, calculado de acuerdo a 11.3;

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h.

Calcular la incertidumbre de acuerdo con el capítulo C.4.

## 12. MEDICIONES

### 12.1 Selección de la instrumentación

Las mediciones se tienen que realizar utilizando los siguientes tipos de instrumentación (ver también 5.1):

- a) dosímetro sonoro personal, que lleva el trabajador a quien se le está determinando la exposición al ruido;
- b) sonómetro integrador-promediador colocado en posiciones discretas, o sostenido en la mano para seguir a un trabajador que se mueve.

Los dosímetros sonoros personales se pueden utilizar para las mediciones en todos los tipos de situaciones de trabajo. Es el método preferido para realizar mediciones de larga duración para un trabajador con movilidad, implicado en tareas complejas o imprevisibles o realizando un gran número de tareas discretas.

Para las mediciones de tareas únicas o múltiples en puestos de trabajo fijos, se pueden utilizar sonómetros portátiles o fijos.

## **12.2 Calibración de campo**

La calibración de campo incluye una verificación de la calibración acústica del sistema de medición completo, incluyendo el micrófono, y constituye un procedimiento de verificación distinto al de la calibración en laboratorio. Una calibración de campo debería consistir en utilizar un calibrador sonoro que cumpla con los requisitos de clase 1 de la Norma IEC 60942:2003, a cada micrófono, y registrar el nivel medido a una o más frecuencias dentro del rango de frecuencias de interés. La calibración de campo se tiene que realizar en un emplazamiento silencioso.

Antes de cada serie de mediciones y al principio de cada serie diaria de mediciones, se debería realizar una calibración de campo con las correcciones adecuadas. Al final de cada serie de mediciones y al final de cada serie diaria de mediciones, se debería realizar una calibración de campo sin corrección. Si la lectura a cualquier frecuencia al final de una serie de mediciones difiere de la lectura de la frecuencia al principio de la serie en más de 0,5 dB, se tienen que desechar los resultados de la serie de mediciones.

## **12.3 Instrumento colocado en el cuerpo del trabajador**

El micrófono se tiene que colocar en la parte superior del hombro, a una distancia de al menos 0,1 m de la entrada del canal auditivo externo del lado del oído más expuesto, y debería estar aproximadamente 0,04 m por encima del hombro. El micrófono y el cable se tienen que sujetar de tal manera que no lleven a falsos resultados por su influencia mecánica o por la ropa que viste.

Se tiene que prestar atención en no perturbar la realización del trabajo y, sobre todo, no crear riesgos para la seguridad; asimismo, se tiene que tratar de evitar falsas contribuciones a la medición. Ver también el apartado 13.2.

NOTA 1 Cuando se utilizan instrumentos de medición llevados por el trabajador o en casos en los que el micrófono se coloca muy cerca del cuerpo, el resultado de la medición es afectado por los efectos pantalla y de las reflexiones en el cuerpo. Este hecho es especialmente válido para el ruido de alta frecuencia y para las pequeñas fuentes de ruido a una distancia corta del oído. En estos casos, las mediciones se tienen que realizar con los micrófonos colocados a ambos lados de la cabeza para establecer la exposición del oído más expuesto.

NOTA 2 La ventaja de utilizar dosímetros sonoros personales es que a los trabajadores monitoreados no hay que seguirlos de cerca y que varios trabajadores pueden ser sometidos a ensayo simultáneamente.

El trabajador que esté siendo monitoreado, tiene que estar informado del objeto de la medición. Se tiene que aconsejar a los trabajadores no quitarse el instrumento de medición durante todo el período de tiempo, y de realizar su trabajo de la manera habitual.

El dosímetro sonoro personal tiene que ser puesto a cero e iniciarse de nuevo, según las instrucciones del fabricante. Esta operación se tiene que hacer después de la calibración, la fijación del instrumento de medición y la correcta instalación del micrófono a fin de garantizar que no se ha introducido ningún ruido de fondo durante la fijación del dosímetro sonoro personal. Se tiene que asentar la hora de inicio de la medición. Una vez finalizadas las mediciones, se tiene que apagar la instrumentación de acuerdo con las instrucciones del fabricante antes de retirar el instrumento y el micrófono. Se tiene que asentar la hora de finalización de la medición.

Cualquier nivel sonoro pico elevado registrado por el instrumento y, que no se haya validado por observación, se tiene que investigar y comentar en el informe.

#### **12.4 Sonómetro integrador-promediador**

Los niveles medidos tienen que ser representativos del nivel de ruido a la altura del oído del trabajador; si el campo sonoro es uniforme, es menos crítica una posición de precisión.

Las mediciones se deberían efectuar colocando el micrófono al nivel de la posición que ocupa la cabeza en las distintas ubicaciones del trabajador durante la realización habitual del trabajo o tarea. Preferiblemente, el micrófono se tiene que colocar en el plano central de la cabeza del trabajador, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión del trabajador, y sin estar el trabajador presente. Se tiene que tener en cuenta varias posiciones en el espacio de la cabeza del trabajador. El nivel de presión sonora promedio en un puesto de trabajo, también se puede determinar moviendo el sonómetro alrededor

(mediante barrido) en la zona de interés. El barrido se puede realizar moviendo el micrófono a una velocidad constante a lo largo de una trayectoria con la forma del símbolo de infinito:  $\infty$ .

Cuando el trabajador tiene que estar presente en su puesto de trabajo, el micrófono se tiene que colocar o sostener a una distancia entre 0,1 m y 0,4 m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto.

Si la actividad del/la trabajador/a o la configuración del puesto de trabajo hace imposible guardar una distancia dentro de los 0,4 m, se recomienda el uso de un instrumento que sea llevado por el trabajador.

Si la ubicación del trabajador está muy próxima a las fuentes de ruido, el campo sonoro se debería estudiar detenidamente y la posición y la dirección del micrófono escogidas se tienen que indicar de forma precisa en el informe de ensayo.

Si la posición de la cabeza en el puesto de trabajo no está bien definida, se pueden utilizar las siguientes alturas de micrófono (ver las Normas ISO 11200[2], ISO 11201[3], ISO 11202[4], ISO 11203[5] e ISO 11205[6]):

- a) Trabajador de pie: 1,55 m  $\pm$  0,075 m por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie;
- b) Trabajador sentado: 0,8 m  $\pm$  0,05 m por encima de la mitad del plano de la silla, con la silla ajustada lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical.

NOTA DE LA TRADUCCIÓN. Las alturas especificadas difieren de la Norma original, y representan mejor la estatura promedio de las/los trabajadores del país.

Incluso si el trabajador está laborando en un puesto de fijo, las mediciones con una posición de micrófono fija pueden resultar en una sobreestimación o subestimación de la exposición real, en aquellos casos donde el trabajador se mueve alrededor de la máquina; en esos casos, se debería utilizar un dosímetro sonoro personal.

Cerca de la fuente sonora, incluso pequeños cambios en la posición del micrófono, pueden resultar en variaciones significativas del nivel de presión sonora. Si los tonos son

**PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL**

claramente audibles en el puesto de trabajo, se pueden producir ondas sonoras estacionarias. Para determinar la variación local del nivel de presión sonora, se debería mover el micrófono a través de la zona de ocupación de interés próxima a la fuente. Las variaciones del nivel de presión sonora observadas durante el movimiento del micrófono son tratadas como niveles variables en el tiempo y promediadas en consecuencia. Si se utiliza un barrido para estudiar las variaciones en una zona, el nivel de ruido en función del tiempo,  $L(t)$ , se debería medir con una resolución temporal adecuada. Entonces, los datos de ruido necesarios para las evaluaciones de la incertidumbre se pueden obtener dividiendo el conjunto de la medición en tres, o preferiblemente en seis períodos con la misma duración, y utilizando el nivel para cada uno de estos cálculos. Las mediciones suplementarias realizadas con un instrumento fijado al trabajador, de acuerdo con el apartado 12.3, reducen la incertidumbre asociada con la exposición al ruido debido a esa fuente.

Se requieren procedimientos especiales de medición para medir la exposición al ruido con auriculares (por ejemplo, para secretarías, telefonistas, pilotos, controladores aéreos) o bajo cascos (por ejemplo, cascos para pilotos o motoristas). Para fuentes de ruido próximas al oído, las mediciones en el canal auditivo se pueden realizar de acuerdo con la Norma ISO 11904-1[7] o la Norma ISO 11904-2[8].

## **13 FUENTES DE INCERTIDUMBRE**

### **13.1 General**

Algunas fuentes de incertidumbre requieren una consideración específica para poder reducir su influencia todo lo posible. Las incertidumbres pueden estar causadas tanto por errores como por la variación natural de la situación de trabajo.

Las principales fuentes de incertidumbre en el resultado son:

- a) las variaciones en el trabajo diario, las condiciones de operación, la incertidumbre en la selección del lugar, etc.;
- b) los instrumentos y la calibración;
- c) la posición del micrófono;
- d) las contribuciones falsas, por ejemplo, del viento, de las corrientes de aire, los impactos en el micrófono o el roce del micrófono sobre la ropa;
- e) un análisis del trabajo mal hecho o no realizado;

- f) las contribuciones atípicas de fuentes de ruido, la palabra, la música (radio), las señales de alarma y los comportamientos atípicos.

El ítem a) depende de la complejidad de la situación del trabajo. Se considera que esas variaciones son las más elevadas para un trabajador móvil entre fuentes de ruido no constantes. El ítem b) depende del lugar en donde se ha fijado el micrófono y de la clase del instrumento y calibrador sonoro que se ha utilizado. Los ítems c), d) y e) se deberían reducir si se hace una correcta práctica según se especifica en esta Norma técnica peruana. En cuanto al ítem f), ese tipo de fuentes eventuales de incertidumbre, se tienen que identificar durante el análisis del trabajo y se tiene que decidir si se tienen que incluir o no.

Las contribuciones importantes al ruido se tienen que identificar durante el análisis de trabajo y durante las mediciones. Si se detecta una contribución significativa de las fuentes de error, las mediciones se tienen que rechazar o corregir.

El nivel de exposición al ruido medido y la incertidumbre asociada al resultado depende del método de medición utilizado. Un dosímetro sonoro personal puede incluir las contribuciones de la palabra, de la radio, etc., lo que puede aumentar el nivel de exposición al ruido medido. El uso de un sonómetro portátil garantiza la exclusión de este tipo de fuentes, por ejemplo, interrumpiendo la medición. Las mediciones realizadas en posiciones fijas pueden llevar a una baja estimación de la exposición al ruido del trabajador, debido a la dificultad en tratar las contribuciones al ruido de fuentes sonoras próximas al oído, como las herramientas de mano.

### **13.2 Impactos mecánicos sobre el micrófono**

Los errores debidos a los impactos mecánicos sobre el micrófono se tienen que evitar asegurándose de que el micrófono o la pantalla anti-viento no toquen ni golpeen contra nada. Este efecto puede ser más difícil de observar cuando se utiliza un dosímetro sonoro personal. Muchos instrumentos de medición registran altos niveles de presión sonora si el micrófono y/o los dispositivos de conexión se tocan, se frotan o entran en contacto con otros objetos.

Las mediciones se tienen que verificar para esta incertidumbre, comparando el resultado de medición registrado (diario), si está disponible, con las observaciones realizadas a lo largo de las mediciones (por ejemplo, las notas escritas a mano en un diario). Si se producen niveles pico inexplicable, se tiene que verificar la influencia en el resultado y la medición se tiene que repetir si el resultado se ve alterado de manera significativa. En los casos

donde se utilicen instrumentos no registradores y se produzcan niveles de pico elevados inexplicables en el resultado final, se tiene que repetir la medición.

### **13.3 Viento y corrientes de aire**

Las mediciones en las corrientes de aire de gran velocidad, por ejemplo, el viento, se tienen que evitar. Si esto no fuera posible, se tiene que intentar minimizar al máximo el ruido inducido por las corrientes de aire; de ser posible, conviene evaluar la contribución al ruido de las corrientes de aire realizando mediciones en situaciones de trabajo similares sin corrientes de aire; caso contrario, el ruido inducido por las corrientes de aire se puede evaluar realizando las mediciones en lugares sin el ruido ocupacional, pero con flujo de aire similar.

El ruido inducido por las corrientes de aire se tiene que reducir dotando al micrófono de una pantalla antiviento. En el caso de los dosímetros sonoros personales, el tamaño de la pantalla antiviento es generalmente limitado. Al utilizar un sonómetro portátil con una pantalla antiviento de grandes dimensiones, se puede controlar el efecto potencial del ruido inducido por las corrientes de aire.

Los sonómetros portátiles deberían estar dotados de pantallas antiviento de un diámetro mínimo de 60 mm para reducir el efecto de la corriente de aire o viento.

NOTA: Las contribuciones del viento y de las corrientes de aire dependen de su velocidad y del tamaño de la pantalla antiviento. Los niveles de presión sonora ponderados A, del orden de los 80 dB, no están generalmente muy influenciados por las velocidades del aire de hasta 10 m/s, siempre y cuando la pantalla antiviento tenga un diámetro de 60 mm o más.

### **13.4 Importancia de las contribuciones sonoras**

Se tiene que prestar especial atención a la hora de definir qué sonidos son relevantes para la exposición al ruido. El ruido procedente de fuentes como las radios, la palabra y las señales de alarma se tienen que considerar como importantes, si el análisis de trabajo ha mostrado que forman parte de la condición normal de labor. Sin embargo, si la persona que realiza las mediciones tiene razones de peso para considerar que una contribución de estas características es irrelevante, él/ella podrá excluirla de los datos medidos, siempre y cuando se indique en el informe.

Si se observa un comportamiento atípico en el lugar de trabajo durante las mediciones, se tiene que hacer una evaluación de las posibles influencias en el resultado de medición. Si la influencia se considera significativa, se tienen que realizar nuevas mediciones.

#### **14. CÁLCULO DE LAS INCERTIDUMBRES DE LA MEDICIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS FINALES**

Las incertidumbres asociadas a la medición de la exposición al ruido laboral, se tienen que determinar de acuerdo con el anexo C.

El resultado final tiene que indicar el valor medido y el valor de la incertidumbre.

La incertidumbre expandida de la medición, junto con el correspondiente factor de cobertura, se tiene que indicar para un intervalo de confianza unilateral del 95 %.

#### **15. INFORMACIÓN A SER REPORTADA**

El informe de las mediciones de exposición al ruido realizadas de acuerdo con esta Norma Técnica Peruana, tiene que proporcionar la información siguiente:

- a) Información general:
  - 1) nombre del cliente (empresa, departamento, etc.) que solicitó el estudio,
  - 2) identificación del/de los trabajador/es o grupo/s de trabajadores (como el nombre o número identificador del trabajador) cuya exposición se ha determinado,
  - 3) nombre de la/s persona/s y empresa o institución que realizó las mediciones y los cálculos,
  - 4) objetivo de la determinación,
  - 5) referencia a ésta norma y la estrategia aplicada;

- b) Análisis de trabajo:
- 1) descripción de las actividades laborales investigadas,
  - 2) si fuese relevante, tamaño y composición de los grupos de exposición homogéneos al ruido,
  - 3) descripción del/los día/s estudiados, incluyendo las tareas que constituyen la jornada laboral cuando se han realizado las mediciones basadas en la tarea,
  - 4) estrategia/s utilizada/s de medición, junto con una referencia del método estadístico utilizado;
- c) Instrumentación:
- 1) identificación y clase del instrumento utilizado (fabricante, modelo, número de serie),
  - 2) configuración del sistema, por ejemplo, pantalla antiviento, cable de prolongación, etc.,
  - 3) trazabilidad de la calibración (fecha y resultado de la verificación más eficiente de los componentes del sistema de medición),
  - 4) documentación de las verificaciones de la calibración realizadas antes y después de cada medición;
- d) Mediciones:
- 1) identificación del/los trabajador/es cuya exposición al ruido se ha medido,
  - 2) fecha y hora de las mediciones,
  - 3) instrumentación utilizada para cada medición (si se han utilizado varios instrumentos),
  - 4) descripción del trabajo realizado por el trabajador durante el transcurso de las mediciones, incluyendo la duración de la actividad y, si procede, la duración de los eventos cíclicos contenidos en la actividad profesional,

- 5) informe de cualquier desviación con respecto a las condiciones normales de trabajo o al comportamiento normal de trabajo durante el transcurso de las mediciones,
  - 6) si fuese relevante, indicadores de producción relacionados con el trabajo realizado,
  - 7) descripción de las fuentes de ruido que contribuyen a la exposición al ruido,
  - 8) descripción de cualquier sonido irrelevante incluido o suprimido de los resultados medidos,
  - 9) descripción de cualquier evento observado que puede haber influido en las mediciones (por ejemplo, corrientes de aire, impactos en el micrófono, ruido impulsivo),
  - 10) información relevante sobre las condiciones meteorológicas (por ejemplo, viento, lluvia, temperatura),
  - 11) posición y orientación del/los micrófonos,
  - 12) número de mediciones en cada posición,
  - 13) duración de cada medición,
  - 14) duración de cada tarea durante la jornada laboral, y la incertidumbre asociada, cuando se utiliza el método basado en la tarea,
  - 15) resultados de cada medición, a incluir al menos el valor de  $L_{p,A,eqT}$  y, opcionalmente, los valores de  $L_{p,Cpico}$  más elevados;
- e) Resultados y conclusiones:
- 1) nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT}$  y, opcionalmente, el nivel de presión sonora de pico ponderado C,  $L_{p,Cpico}$  para cada tarea/trabajo,
  - 2) si fuese relevante, cuando se utiliza la medición basada en la tarea, los valores de  $L_{EX,8h,m}$  para cada una,
  - 3) nivel de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , para la/las jornada/s laboral/es, y el nivel de presión sonora de pico ponderado C más elevado,  $L_{p,Cpico}$ , si se mide durante todas las tareas, redondeado al primer decimal,

- 4) incertidumbre asociada a  $L_{EX,8h}$  y  $L_{p,Cpico}$ , si está disponible, para la/las jornada/s laboral/es, redondeadas al primer decimal (la exposición al ruido y la incertidumbre de la medición se tienen que presentar como valores separados).

## ANEXO A

(INFORMATIVO)

### Ejemplo de una lista de comprobación para garantizar la detección de los eventos de ruido significativos durante el análisis del trabajo

¿Se presentan alguna de estas situaciones?	Si	No
• Uso de chorros de aire comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Emisiones de aire comprimido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Martilleo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Choques intensos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Uso ocasional de máquinas y herramientas muy ruidosas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Pasada de vehículos ruidosos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se producen operaciones muy ruidosas durante determinadas fases?		
• Al principio del turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Al final del turno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Durante la fase de ajuste o de suministro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Durante las actividades de arranque o paro en la producción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Durante la fase de limpieza	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se producen actividades muy ruidosas en los puestos de trabajo vecinos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
• Tipo: _____		
• Puestos de trabajo expuesto: _____		

Ver también el apartado 7.3.

## ANEXO B

(INFORMATIVO)

### Guía para la selección de la estrategia de medición

#### **B.1 General**

Este anexo proporciona los detalles de las estrategias de medición básicas y una guía para la selección más adecuada de una estrategia (ver el capítulo 8).

#### **B.2 Estrategia 1 – Medición basada en la tarea**

Esta estrategia está enfocada a las tareas que producen una importante exposición al ruido y a la reducción de la duración de medición requerida para una incertidumbre especificada. La medición basada en la tarea es especialmente útil cuando el trabajo se puede dividir en labores bien definidas, con condiciones de ruido claramente definibles, durante las cuales se pueden realizar las mediciones; sin embargo, conviene garantizar que todas las contribuciones al ruido importantes estén incluidas en el período de medición, lo que requiere un conocimiento de todos los eventos acústicos de corta duración y de fuerte intensidad durante la jornada laboral.

La estrategia se basa en un análisis del trabajo detallado, para comprender todas las tareas; además, requiere de una validación constante de las mediciones. Esto permite realizar un número menor de mediciones para las tareas que producen una pequeña variación en el nivel de ruido.

Las mediciones basadas en la tarea proporcionan información sobre las contribuciones de las diferentes tareas a la exposición diaria al ruido; esto es ventajoso, si el objeto de las mediciones es el de determinar las prioridades para un programa de control de ruido. También ofrece la posibilidad de calcular la exposición al ruido para jornadas laborales diferentes de la jornada de medición, en lo referente a la distribución y duración de las tareas. Puede reducir el esfuerzo de medición, comparado con otros métodos.

El uso de esta estrategia permite acortar los tiempos de medición cuando grupos importantes de trabajadores están realizando actividades similares en entornos acústicos similares. Las mediciones también pueden ser controladas más fácilmente.

Si la situación de trabajo es compleja, el análisis del trabajo puede llevar bastante tiempo.

### **B.3 Estrategia 2 – Medición basada en el trabajo**

Las mediciones basadas en el trabajo son muy útiles cuando el contenido del trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir o, cuando no se quiere o no es práctico realizar un análisis del trabajo detallado. No se recomienda utilizar este método si un trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

Las mediciones basadas en el trabajo pueden reducir el esfuerzo requerido para el análisis de la labor. Se tiene que prestar especial atención a la hora de definir los trabajos para garantizar que sea representativa la exposición al ruido de cualquier trabajador con una función dada. Esta estrategia puede llevar mucho tiempo, debido al tiempo requerido para las mediciones, pero resulta en una menor incertidumbre en el resultado obtenido.

Como en el caso de las mediciones basadas en la tarea, se debería prestar atención en garantizar que las principales contribuciones al ruido estén incluidas en el período de medición. Las mediciones basadas en el trabajo no proporcionan necesariamente toda la información acerca de la contribución relativa a la exposición diaria al ruido de las diferentes tareas que constituyen un trabajo, dado que no tienen en cuenta las tareas realizadas en el seno del trabajo definido.

Si es simple la situación de trabajo, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que la estrategia basada en la tarea.

### **B.4 Diferencias y similitudes entre la medición basada en la tarea y la medición basada en el trabajo**

**B.4.1 General.** Estas dos estrategias no son mutuamente exclusivas; la medición basada en la tarea y la medición basada en el trabajo se fundamentan en las mediciones de los niveles de ruido. En muchos casos, una situación de trabajo dada se puede tratar utilizando una estrategia o la otra con la misma calidad de resultado.

Las principales diferencias entre estas estrategias se describen de B.4.2 a B.4.4.

**B.4.2 Grupos diferentes de exposición homogéneos al ruido.** Para las mediciones basadas en el trabajo, los grupos de exposición homogénea al ruido pueden tener una composición diferente que para las mediciones basadas en la tarea. Dado que un trabajo es un grupo de tareas realizadas por un trabajador, la medición basada en el trabajo no requiere una descomposición detallada de la actividad profesional en las tareas. Por lo tanto, determinar grupos de exposición homogénea al ruido requiere menos tiempo que en el caso de las mediciones basadas en la tarea. Las mediciones basadas en la tarea también requieren un mejor conocimiento de la situación de trabajo que las otras estrategias, para que todas las tareas que contribuyen al nivel de ruido se clarifiquen, junto con sus respectivas duraciones.

**B.4.3 Planes de medición diferentes.** Para las mediciones basadas en el trabajo, el plan de la medición es generalmente más fácil de llevar a cabo que para las mediciones basadas en la tarea, porque no se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada laboral.

**B.4.4 Duraciones de medición diferentes.** La medición basada en el trabajo requiere períodos de medición más largos que la medición basada en la tarea.

### **B.5 Estrategia 3 – Medición de una jornada completa**

La medición de una jornada completa, tal como la medición basada en el trabajo, es más útil cuando es difícil de describir el tipo de trabajo y las tareas típicas. Sin embargo, requiere incluso menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo. Por otra parte, si la situación de trabajo es sencilla, esta estrategia puede requerir una duración de medición más larga que cualquiera de las otras.

Se recomienda la medición de una jornada completa cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es impredecible o demasiado complejo. También es posible utilizar esta estrategia para cualquier modelo de exposición al ruido, especialmente donde no sea necesario o no se desee realizar un análisis de trabajo detallado.

La medición de la jornada completa también puede ser útil para verificar que todas las contribuciones principales estén incluidas. Para estos fines de verificación, el nivel diario de exposición al ruido se puede determinar directamente sin cálculos adicionales.

Al utilizar un instrumento registrador, se puede obtener información sobre las fluctuaciones en el nivel de ruido durante la jornada laboral, y se pueden determinar las contribuciones de las diferentes tareas. También ofrece la posibilidad de eliminar las contribuciones sonoras irrelevantes de los resultados de las mediciones; es por esto que es altamente recomendable utilizar un instrumento registrador cuando se realizan mediciones de jornadas completas.

Las mediciones de larga duración se realizarán más probablemente con un dosímetro sonoro personal o con un instrumento similar llevado por el trabajador cuya exposición al ruido se está midiendo; en estos casos, es muy probable que las mediciones contengan algunos eventos no relacionados con la exposición al ruido típica del trabajador; por ejemplo, impactos sobre el micrófono (accidental o deliberado), o interferencias deliberadas, como los gritos de los compañeros de trabajo o las tentativas deliberadas de trabajar de manera ruidosa. Por estas razones, se recomienda encarecidamente que las mediciones se observen directamente por los técnicos de las mediciones, o que se utilicen otros medios igualmente efectivos para identificar y tener en cuenta esos eventos. Las mediciones realizadas sin supervisión tienen una fuerte predisposición a que dichos eventos de medición las afecten, en cuyo caso la mejor práctica puede consistir en realizar

las mediciones en varios días, para que el proceso de medición pierda su carácter de “novedoso”.

### B.6 Usando más de una estrategia de medición

Hay ocasiones donde es necesario o deseable utilizar más de una estrategia de medición. Por ejemplo, si la jornada laboral tiende a ser compleja, la exposición al ruido calculada a partir de las mediciones basadas en la tarea se puede comprobar realizando mediciones de jornada completa a trabajadores seleccionados.

Pueden existir situaciones durante la jornada completa o durante las mediciones basadas en la tarea donde no se realicen algunas labores, a pesar de formar parte de la jornada laboral; en esos casos, serán necesarias mediciones adicionales de esas labores.

Por dar otro ejemplo, algunos trabajadores pueden realizar diferentes actividades durante una jornada; esto puede requerir el uso de una medición basada en el trabajo para la labor realizada en la mañana, y una medición basada en la tarea para la labor realizada en la tarde.

### B.7 Selección de la estrategia de medición para diferentes pautas de trabajo

La tabla B.1 proporciona una guía para la selección de la estrategia de medición básica, dependiendo del patrón de trabajo.

**TABLA B.1 – Selección de la estrategia de medición básica**

Tipo o pauta de trabajo	Estrategia de medición		
	Estrategia 1 Medición basada en la tarea	Estrategia 2 Medición basada en el trabajo	Estrategia 3 Medición de la jornada completa
Puesto de trabajo fijo – Tarea simple o única	√*	–	–
Puesto de trabajo fijo – Tareas complejas o múltiples	√*	√	√
Trabajador móvil - Patrón previsible - Pequeño número de tareas	√*	√	√
Trabajador móvil – Trabajo previsible – Gran número de tareas o patrones de trabajo complejos	√	√	√*
Trabajador móvil – Patrón de trabajo imprevisible	–	√	√*
Trabajador fijo o móvil - Tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	–	√*	√
Trabajador fijo o móvil – Sin tareas asignadas	–	√*	√
√ La estrategia se puede utilizar.			* Estrategia recomendada.

## ANEXO C

(NORMATIVO)

### Evaluación de las incertidumbres de la medición

#### **C.1 General**

Este anexo especifica el procedimiento para determinar la incertidumbre expandida del nivel de exposición al ruido ponderado A, normalizado para una jornada laboral de 8 h,  $L_{EX,8h}$  o, alternativamente, del valor medido del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,  $L_{p,A,eqT}$ .

El procedimiento es conforme con la Guía ISO/IEC 98-3. Las incertidumbres se pueden calcular utilizando una hoja de cálculo.

El estricto cumplimiento de los requisitos de esta Norma Técnica Peruana, en concreto los relacionados con la prevención de las contribuciones erróneas al nivel de exposición al ruido medido (ver el capítulo 13), garantiza la ausencia de errores sistemáticos en el resultado final, producidos por esas contribuciones erróneas.

Las fuentes de incertidumbre contempladas en este anexo, se indican en la tabla C.1.

La incertidumbre debida a la selección de la/s jornada/s de medición no está incluida en la tabla C.1 dado que, en muchos casos, solo se puede determinar mediante mediciones reiteradas sobre períodos más largos; sin embargo, el estricto cumplimiento de los requisitos de esta Norma Técnica Peruana, en concreto en lo referente al análisis de trabajo, mantiene bajo control esta incertidumbre.

**TABLA C.1 – Fuentes de incertidumbre consideradas para determinar la incertidumbre expandida de los niveles de presión sonora continua equivalente ponderada A, o de los niveles de exposición al ruido normalizados a una jornada laboral de 8 h**

Fuente de incertidumbre	Aplicación	Subíndice <sup>a</sup>	Capítulo
Mediciones de los niveles de ruido por tareas	Medición basada en la tarea	1a	C.2
Estimación de la duración de las tareas	Medición basada en la tarea	1b	C.2
Medición de los niveles de ruido por labor-trabajo	Medición basada en la labor-trabajo	1	C.3
Instrumentación	Todas las estrategias	2	C.5
Posición del micrófono	Todas las estrategias	3	C.6
<p>NOTA La tabla C.1 cubre las incertidumbres listadas en los párrafos a), b) y c) del apartado 13.1. Cuando las mediciones se realizan según esta Norma Técnica Peruana, se supone que la incertidumbre debida a los errores listados en el apartado 13.1, párrafos d), e) y f), se reduce hasta ser insignificante y/o incluida en la medición del nivel de ruido.</p>			
<p><sup>a</sup> Utilizado en los símbolos para las incertidumbres parciales y los coeficientes de sensibilidad.</p>			

En los casos donde exista evidencia de que una fuente de incertidumbre no contemplada en este anexo desempeña un papel más importante, su contribución tiene que ser incluida en el cálculo de la incertidumbre estándar combinada añadiendo filas a las tablas C.2 o C.3.

NOTA 1: La incertidumbre para los niveles de presión sonora pico ponderado C, no se puede indicar debido a la existencia de datos insuficientes. En la mayoría de los casos, se puede esperar que la incertidumbre para el nivel de presión sonora pico sea mayor que la incertidumbre para el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

Las contribuciones a la incertidumbre estándar combinada,  $u$ , asociada al valor del nivel de exposición al ruido, depende de la desviación estándar,  $u_i$ , de cada magnitud de entrada y de los coeficientes de sensibilidad,  $c_i$ .

Los coeficientes de sensibilidad son una medida de cómo se ve afectado el nivel de exposición al ruido por los cambios en los valores de las respectivas magnitudes de entrada. Matemáticamente, son iguales a las derivadas parciales de la relación funcional [ver las ecuaciones (C.2) o (C.8) y la Guía ISO/IEC 98-3] con respecto a la magnitud de entrada relevante. Las contribuciones de las respectivas magnitudes de entrada vienen dadas por los productos de las incertidumbres estándar y sus coeficientes de sensibilidad

asociados. La incertidumbre estándar combinada,  $u$ , se obtiene a partir de las contribuciones de la incertidumbre individual,  $c_i u_i$ , utilizando la ecuación (C.1)

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2 \quad (C.1)$$

La incertidumbre expandida,  $U$ , está dada por  $U = ku$ , donde  $k$  es un factor de cobertura que es una función del intervalo de confianza. Para el objeto de esta Norma Técnica Peruana, se contempla el intervalo de confianza unilateral del 95%, el cual resulta en  $k = 1,65$ . Esto significa que el 95% de los valores está por debajo del límite superior,  $[L_{EX,8h} + U]$ .

Esta Norma Técnica Peruana permite el uso de métodos estadísticos para el cálculo de la incertidumbre distintos de los métodos especificados en este anexo, por ejemplo, métodos basados en la evaluación científica (conocimiento en profundidad sobre las incertidumbres) o las simulaciones de Monte Carlo. Si se utilizan este tipo de métodos, tienen que estar en total conformidad con la Guía ISO/IEC 98-3. También se tiene que poder demostrar que no subestima la incertidumbre. El método utilizado se tiene que incluir en el informe de ensayo.

NOTA 2 En la referencia [14] se da una explicación de los fundamentos estadísticos de los métodos descritos en este anexo.

## C.2 Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la tarea

### C.2.1 Relación funcional para una medición basada en la tarea

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

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left[ \sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}^*} \right] \text{dB} \quad (C.2)$$

donde

$\bar{T}_m$  es la media aritmética de las duraciones de la tarea  $m$ ;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas;

$L_{p,A,eqT,m}^*$  es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea  $m$ ,  $L_{p,A,eqT,m}$  [ver la ecuación (7)];

$$L_{p,A,eqT,m}^* = L_{p,A,eqT,m} + Q_2 + Q_3$$

Para lo cual

$Q_2$  es la corrección para el instrumento de medición, utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A,

$Q_3$  es la corrección para la posición del micrófono, utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

NOTA Como las estimaciones  $Q_2$  y  $Q_3$  son aproximadamente igual a 0,  $L_{p,A,eqT,m}^* \approx L_{p,A,eqT,m}$ ; en estas condiciones, la ecuación (C.2) es idéntica a la ecuación (9).

### C.2.2 Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, $u$ , y de la incertidumbre expandida, $U$

Dado que no están correlacionadas las magnitudes implicadas, se tiene que calcular la incertidumbre estándar combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ ,  $u(L_{EX,8h})$ , de acuerdo con la Guía ISO/IEC 98-3, a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre,  $c_j u_j$ , como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = \left( \sum_{m=1}^M \left[ c_{1,a,m}^2 (u_{1,a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right) \quad (C.3)$$

donde

$u_{1a,m}$  es la incertidumbre estándar debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea  $m$ , ver el apartado C.2.3;

$u_{1b,m}$  es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la tarea  $m$ , ver el apartado C.2.3;

$u_{2,m}$  es la incertidumbre estándar debida a los instrumentos utilizados para la tarea  $m$ ;

$u_3$  es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono;

$c_{1a,m}$  y  $c_{1b,m}$  son los coeficientes de sensibilidad correspondientes para la tarea  $m$ ;

$m$  es el número de tarea;

$M$  es el número total de tareas.

La incertidumbre expandida es  $U = 1,65 \times u$ .

NOTA 1 Debido a la relación lineal entre el nivel de ruido medido y la estimación para el nivel de ruido, los coeficientes de sensibilidad relativos a la instrumentación,  $c_{2,m}$ , a la posición del micrófono,  $c_{3,m}$ , y al muestreo del nivel de ruido,  $c_{1a,m}$ , tienen los mismos valores, es decir,  $c_{2,m} = c_{3,m} = c_{1a,m}$ . Por lo tanto, los coeficientes  $c_{2,m}$  y  $c_{3,m}$  se sustituyen por  $c_{1a,m}$  en la ecuación (C.3).

NOTA 2 La ecuación (C.3) es estrictamente válida para el caso donde  $M$  niveles de la presión sonora continua equivalente ponderada A, se determinan utilizando instrumentos diferentes para cada medición; sin embargo, dado que las principales contribuciones a la incertidumbre de la instrumentación, como la influencia del nivel de linealidad, la respuesta en frecuencia del micrófono, el ángulo de incidencia de la señal sonora y la ponderación espectral, son diferentes para diferentes posiciones para la misma instrumentación, se asume que es adecuada la ecuación (C.3).

Las correspondientes incertidumbres presupuestas se muestran en la tabla C.2.

**Tabla C.2 – Incertidumbres presupuestas para determinar los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la tarea**

Magnitud	Estimación	Incertidumbre estándar $u_i$	Distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqTm}$	Media energética del $L_{p,A,eqT,m}$ medida para la tarea $m$	$u_{1a,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.6)	Normal	$c_{1a,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.4)	$c_{1a,m} u_{1a,m}$ 1 valor por tarea
$T_m$	Valor estimado de la duración $T_m$ para la tarea $m$	$u_{1b,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.7)	Normal	$c_{1b,m}$ para cada tarea, a determinar utilizando la ecuación (C.5)	$c_{1b,m} u_{1b,m}$ 1 valor por tarea
$Q_2$	0	$u_{2,m}$ como se indica en la tabla C.5	Normal	$c_{2,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{2,m}$
$Q_3^a$	0	$u_3$ como se indica en C.6	Normal	$c_{3,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_3$

<sup>a</sup> Se espera que  $Q_3$  se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar el valor medio aritmético estimado de  $Q_3$ , se considera igual a cero. Se supone que la incertidumbre estándar,  $u_3$ , asociada a las posiciones del micrófono tiene que cubrir esta incertidumbre extra.

### C.2.3 Contribuciones a la incertidumbre de la medición y a la incertidumbre presupuesta

Para una medición basada en la tarea, los coeficientes de sensibilidad son los siguientes:

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{p,A,eqT,m}^* - L_{EX,8h})} \quad (C.4)$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{EX,8h}}{\partial T_m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (C.5)$$

La incertidumbre estándar,  $u_{1a,m}$ , del nivel de ruido debida a la medición para la tarea  $m$  viene dada por:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I \left( L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m} \right)^2 \right]} \quad (C.6)$$

donde

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$  es la media aritmética de  $I$  niveles de presión sonora continua equivalente

ponderada A, para la tarea  $m$ ,  $\bar{L}_{p,A,eqT,m} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{p,A,eqT,mi}$

$i$  es el número de medición de la tarea;

$I$  es el número total de mediciones de la tarea.

La incertidumbre estándar,  $u_{1b,m}$ , debida a la duración de la tarea  $m$ , se puede calcular a partir de las duraciones medidas de las mediciones independientes, como sigue:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (C.7)$$

Donde  $J$  es el número total de observaciones de la duración de la tarea.

NOTA Si el análisis de trabajo proporciona un rango de tiempo, una estimación es,  $u_{1b,m} = 0,5 \times (T_{\max} - T_{\min})$ .

### C.3 Determinación de la incertidumbre expandida para una medición basada en la función

#### C.3.1 Relación funcional para una medición basada en la función

La expresión general para la determinación del nivel diario de presión sonora ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , utilizando la medición basada en la función, es la siguiente:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right) \text{dB} \quad (\text{C.8})$$

donde

$T_e$  es la duración efectiva de la jornada laboral;

$T_0$  es la duración de referencia,  $T_0 = 8$  h;

$n$  es el número de mediciones de la labor-trabajo;

$N$  es el número total de mediciones de la labor-trabajo;

$L_{p,A,eqT,n}^*$  es la estimación del nivel verdadero de presión sonora continuo equivalente ponderado A, asociado a la medición  $n$  de la función,  $L_{p,A,eqT,n}$

$$L_{p,A,eqT,n}^* = L_{p,A,eqT,n} + Q_2 + Q_3$$

Para lo cual

$Q_2$  es la corrección para los instrumentos de medición utilizados para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A;

$Q_3$  es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A.

NOTA Como las estimaciones  $Q_2$  y  $Q_3$  son aproximadamente igual a 0,  $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$ . En estas condiciones, la ecuación (C.8) da el mismo resultado que las ecuaciones (11) y (12).

### C.3.2 Cálculo de la incertidumbre estándar combinada, $u$ , y de la incertidumbre expandida, $U$

La incertidumbre estándar combinada para el nivel de exposición al ruido ponderado A  $L_{EX,8h}$ ,  $u(L_{EX,8h})$  se tiene que calcular, de acuerdo con la Guía ISO/IEC 98-3, a partir de los valores numéricos de todas las contribuciones a la incertidumbre,  $c_i u_i$ , tomado de la tabla C.3 como sigue:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (C.9)$$

La incertidumbre expandida es  $U = 1,65 \times u$ .

NOTA La ecuación (C.9) es estrictamente válida para el caso donde  $N$  niveles de presión sonora continuas equivalentes ponderadas A, se determinan utilizando instrumentos diferentes para cada medición. Sin embargo, dado que las principales contribuciones a la incertidumbre de la instrumentación, como la influencia del nivel de linealidad, la respuesta en frecuencia del micrófono, el ángulo de incidencia de la señal sonora y la ponderación espectral, son diferentes para diferentes posiciones para la misma instrumentación, se asume que es adecuada la ecuación (C.9).

### C.3.3 Contribuciones a la incertidumbre de medición y al balance de incertidumbre

Para una medición basada en la función:

- La contribución a la incertidumbre,  $c_1 u_1$ , de la medición de los niveles de ruido por labor-trabajo, se indica en la tabla C.4, en función del número,  $N$ , de mediciones de niveles de ruido de la labor-trabajo y de la incertidumbre estándar,  $u_1$ , de los valores medidos  $L_{p,A,eqT,n}$ ;
- Los coeficientes de sensibilidad,  $c_2$  y  $c_3$ , para la incertidumbre debida a la instrumentación y a la incertidumbre debida a la selección imperfecta de la posición de medición, respectivamente, son los siguientes:

$$c_2 = 1 \quad (C.10)$$

$$c_3 = 1 \quad (C.11)$$

**TABLA C.3 – Incertidumbre presupuesta para la determinación de los niveles de exposición al ruido para una medición basada en la función**

Magnitud	Estimación	Incertidumbre estándar $u_i$	Distribución de probabilidad	Coefficiente de sensibilidad $c_i$	Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ media energética de la medida $L_{p,A,eqT,n}$	$u_1$ a determinar utilizando la ecuación (C.12)	Normal	$c_1$	$c_1 u_1$ según indica la tabla C.4
$Q_2$	0	$u_2$ según indica la tabla C.5	Normal	$c_2 = 1$	$u_2$
$Q_3^a$	0	$u_3$ según indica C.6	Normal	$c_3 = 1$	$u_3$

<sup>a</sup> Se espera que  $Q_3$  se sitúe en el rango de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar el valor medio aritmético estimado de  $Q_3$ , se considera igual a cero. Se supone que la incertidumbre estándar,  $u_3$ , asociada a las posiciones del micrófono tiene que cubrir esta incertidumbre extra.

La contribución a la incertidumbre,  $c_1 u_1$ , de la medición del nivel de ruido, se obtiene directamente de la media energética de los valores medidos de las mediciones del nivel de ruido de la labor-trabajo,  $L_{p,A,eqT,n}$ , y de la incertidumbre estándar,  $u_1$ , de estos valores, utilizando la tabla C.4.

La incertidumbre estándar,  $u_1$ , viene dada por la ecuación (C.12):

$$u_1^2 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N \left( L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT} \right)^2 \right]} \quad (C.12)$$

donde

$L_{p,A,eqT,n}$  es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la medición  $n$  del nivel de ruido de la labor-trabajo;

$L_{p,A,eqT}$  es la media aritmética de  $N$  mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, es decir,  $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$

$N$  es el número total de mediciones de la labor-trabajo.

NOTA La ecuación (C.12) es utilizada para calcular  $u_1$ , el primer valor de la tabla C.4. El valor de  $u_1$  resultante se denomina aquí como **incertidumbre estándar**, para mantener una terminología similar para todos los términos de  $u_1$ , pero generalmente se denomina **desvío estándar**.

**TABLA C.4 – Contribución a la incertidumbre,  $c_1u_1$ , de las mediciones del nivel de ruido de una labor-trabajo y de una jornada completa, en decibeles, aplicable a un conjunto de  $N$  valores medidos,  $L_{p,A,eqT,n}$ , de la incertidumbre estándar  $u_1$**

$N$	Contribución a la incertidumbre $c_1u_1$ de los valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	<b>5,2</b>	<b>8,0</b>	<b>11,5</b>	<b>15,7</b>	<b>20,6</b>	<b>26,1</b>	<b>32,2</b>	<b>39,0</b>	<b>46,5</b>
4	0,4	0,9	1,6	2,5	<b>3,6</b>	<b>5,0</b>	<b>6,7</b>	<b>8,6</b>	<b>10,9</b>	<b>13,4</b>	<b>16,1</b>	<b>19,2</b>
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	<b>4,4</b>	<b>5,6</b>	<b>6,9</b>	<b>8,5</b>	<b>10,2</b>	<b>12,1</b>
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	<b>4,2</b>	<b>5,2</b>	<b>6,3</b>	<b>7,6</b>	<b>8,9</b>
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	<b>4,3</b>	<b>5,1</b>	<b>6,1</b>	<b>7,2</b>
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	<b>3,6</b>	<b>4,4</b>	<b>5,2</b>	<b>6,1</b>
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	<b>3,9</b>	<b>4,6</b>	<b>5,4</b>
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	<b>4,0</b>
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Cuando  $c_1u_1$ , tal y como se obtiene de la tabla C.4, es superior a 3,5 dB (valores indicados en **negrita** en la tabla C.4), es recomendado revisar o modificar el plan de medición para reducir  $u_1$  (ver 10.4).

NOTA 1 Los valores para  $N = 3$  y  $N = 4$  se dan únicamente para su uso con las mediciones de jornada completa (ver el capítulo 4).

NOTA 2 En situaciones de campo, donde hay que evaluar si son necesarias más mediciones, se puede hacer una estimación más simple de  $u_1$ . La incertidumbre estándar estimada,  $u_1^*$ , se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$u_1^* = \frac{L_{p,A,eqT,n(máx)} - L_{p,A,eqT,n(mín)}}{K_N}$$

donde

$$K_N = 2,2 \text{ si } N < 6$$

$$K_N = 2,5 \text{ si } N \in [6, 15]$$

$$K_N = 3,0 \text{ si } N \in [16, 30]$$

#### C.4 Cálculo de la incertidumbre para una medición de una jornada completa

El procedimiento para el cálculo de la incertidumbre, para la medición de una jornada completa, es el mismo que para el método basado en el trabajo, por lo tanto, la incertidumbre para la medición de una jornada completa se calcula a partir de la incertidumbre presupuesta de la tabla C.3 y utilizando la ecuación (C.9) con el  $c_1u_1$  de la tabla C.4, y el  $u_2$  y  $u_3$  calculados a partir de los puntos C.5 y C.6.

#### C.5 Incertidumbre estándar, $u_2$ , para los instrumentos utilizados

La incertidumbre estándar  $u_2$  (o  $u_{2,m}$  para la tarea  $m$ ) de los instrumentos, se indica en la tabla C.5.

**TABLA C.5 – Incertidumbre estándar,  $u_2$ , de los instrumentos**

Tipo de instrumentación	Desvío estándar $u_2$ (o $u_{2,m}$ ) dB
Sonómetro de clase 1, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0,7
Dosímetro sonoro personal, como se especifica en la Norma IEC 61252	1,5
Sonómetro de clase 2, como se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1,5

NOTA 1 La incertidumbre estándar indicada en la tabla C.5 es únicamente válida para  $L_{p,A,eqT}$ . La incertidumbre para  $L_{p,Cpico}$  puede ser considerablemente superior.

NOTA 2 Las incertidumbres estándar,  $u_2$  (o  $u_{2,m}$ ), indicadas en la tabla C.5 se basan en datos empíricos. La experiencia demuestra que estos valores de incertidumbre estándar para los instrumentos son representativos para la mayoría de situaciones relevantes.

La incertidumbre de la instrumentación utilizada depende de las características de la exposición al ruido y de las condiciones ambientales. Estos valores no se pueden derivar directamente de los límites de tolerancia indicados en las Normas IEC 61672-1 e IEC 61252 relativas a los instrumentos, que incluyen las incertidumbres expandidas del laboratorio de calibración. Si la incertidumbre de la instrumentación utilizada se basó en los límites de tolerancia indicados en las normas sobre instrumentos, entonces darán como resultado del cálculo incertidumbres combinadas relativamente grandes.

### **C.6 Incertidumbre estándar, $u_3$ , debida a la posición de medición**

La incertidumbre estándar,  $u_3$ , debida a la posición de medición es de 1,0 dB.

NOTA La incertidumbre estándar del valor dado, está basado en datos empíricos. En los casos donde el micrófono es llevado por el trabajador y donde el micrófono se coloca cerca del cuerpo del trabajador, la incertidumbre es debida a los efectos de pantalla del cuerpo y sus reflexiones. En los casos donde las mediciones se realizan estando el trabajador ausente, la incertidumbre es debida a que la/s posición/es del micrófono no está siendo totalmente representativa de la/s verdadera/s posición/es de la cabeza del trabajador. Ver también, para lo que se refiere a la posición del micrófono, los apartados 12.3 y 12.4.

## ANEXO D

(INFORMATIVO)

### Ejemplo de cálculo del nivel diario de exposición al ruido utilizando mediciones basadas en la tarea

#### **D.1 Etapa 1: Análisis de trabajo**

En este ejemplo, el nivel de exposición al ruido de los soldadores que trabajan en un taller mecánico, se determina utilizando las mediciones basadas en la tarea. La jornada laboral consta de la siguiente secuencia de tareas:

- a) planificación del trabajo (silenciosa);
- b) dos períodos de corte, pulido y soldadura de planchas de acero;
- c) refrigerio (en este caso, el refrigerio se considera parte de la jornada laboral);
- d) planificación del trabajo (silenciosa);
- e) dos períodos de corte, pulido y soldadura de planchas de acero.

Todos los soldadores realizan el mismo trabajo y por lo tanto se les puede considerar como un grupo de exposición homogéneo al ruido.

De acuerdo con la información aportada por el supervisor, el trabajo se puede dividir en tres tareas distintas: soldadura, corte y pulido, y operaciones silenciosas (pausas y planificación).

Los soldadores dicen que pasan entre 1 h y 2 h al día cortando y puliendo, y entre 4 h y 6 h al día soldando; el resto de la jornada la pasan planificando y en pausas. La incertidumbre se estima en 0,5 h para cortar y pulir, y 1 h para soldar.

Basándose en esta información, la jornada laboral es definida en la tabla D.1.

**TABLA D.1 – Jornada laboral de un soldador**

Tarea	Duración h
Planificación del trabajo, pausas (silenciosas)	1,5
Corte y pulido	1,5
Soldadura	5,0
Total	8,0
NOTA El tiempo empleado en cada tarea, se calcula utilizando la media del rango de valores indicado por el soldador y su supervisor/a.	

## D.2 Etapa 2: Selección de la estrategia

Dado que el número de tareas está limitado y bien definido, la situación es adecuada para realizar las mediciones basadas en la tarea.

## D.3 Etapa 3: Mediciones

La contribución al ruido, de la planificación del trabajo y de las pausas, no tiene importancia con respecto al nivel global de exposición al ruido; por lo tanto, basta con realizar unas simples mediciones de ruido con un sonómetro, simplemente para garantizar que el nivel de presión sonora en estos períodos de trabajo (tarea) no tiene una influencia significativa. En este ejemplo,  $L_{p,A,eqT} = 70$  dB se define como una estimación razonable para esos períodos, siempre y cuando la verificación muestre que los niveles son aproximadamente iguales o inferiores a este nivel.

Dado que la contribución al ruido, tanto del pulido como de la soldadura, dependen mucho de la posición de los oídos del trabajador con respecto a la herramienta ruidosa, se tomó la decisión de realizar la medición durante estas tareas utilizando un dosímetro sonoro personal.

El período de medición debería cubrir al menos tres ciclos de trabajo. Las observaciones han demostrado que la duración de la medición del ruido del pulido debería ser de al menos 7 min.; igualmente, la duración de la medición para el ruido de la soldadura debería ser al menos de 4 min.; sin embargo, de acuerdo con el apartado 9.3, la duración de la medición debería ser al menos de 5 min.; por lo tanto, la duración de la medición para la soldadura se establece en 5 min.

Dado que el rango de los valores medidos sobrepasa los 3 dB, se realizan tres mediciones adicionales para cada tarea; sin embargo, dado que el ruido procedente de las actividades silenciosas es insignificante, sólo se realizan breves mediciones del nivel de ruido durante estas tareas.

Las primeras mediciones dieron como resultado los siguientes valores:

Nivel de ruido durante la planificación y las pausas  $L_{p,A,eqT,11} < 70$  dB

Niveles de ruido de la soldadura  $L_{p,A,eqT,21} = 80,1$  dB  $L_{p,A,eqT,22} = 82,2$  dB  $L_{p,A,eqT,23} = 79,6$  dB

Niveles de ruido del corte y del pulido  $L_{p,A,eqT,31} = 86,5$  dB  $L_{p,A,eqT,32} = 92,4$  dB  
 $L_{p,A,eqT,33} = 89,3$  dB

Dado que la diferencia entre los niveles de ruido medidos para el corte y el pulido sobrepasa los 3 dB, se realizan al menos tres mediciones suplementarias con los siguientes resultados:

Niveles de ruido suplementarios del corte y pulido  $L_{p,A,eqT,34} = 93,2$  dB  $L_{p,A,eqT,35} = 87,8$  dB  
 $L_{p,A,eqT,36} = 86,2$  dB

#### D.4 Etapa 4: Tratamiento de errores

En este ejemplo, las observaciones durante las mediciones mostraron que no existía un riesgo significativo de cometer errores en la medición.

#### D.5 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados incluyendo la incertidumbre

##### D.5.1 Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A

El nivel de ruido de cada tarea se calcula utilizando la ecuación (7). El nivel de ruido de la soldadura es entonces la siguiente:

$$L_{p,A,eqT,2} = 10 \lg\left[\left(\frac{1}{3}\right) (10^{0,1.80,1} + 10^{0,1.82,2} + 10^{0,1.79,6})\right] \text{ dB} = 80,8 \text{ dB}$$

De forma similar, el nivel de ruido del corte y del pulido, es de 90,1 dB.

El nivel de ruido durante la planificación y las pausas, se definió inicialmente en 70 dB.

La contribución al nivel diario de exposición al ruido ponderado A, se calcula para cada actividad de acuerdo con la ecuación (8); son entonces, las contribuciones de las tareas al nivel diario exposición al ruido:

a) planificación y pausas:  $L_{EX,8h,1} = 70 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{1,5}{8}\right) \text{ dB} = 62,7 \text{ dB}$

b) soldadura:  $L_{EX,8h,2} = 80,8 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{5}{8}\right) \text{ dB} = 78,8 \text{ dB}$

c) corte y pulido:  $L_{EX,8h,3} = 90,1 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{1,5}{8}\right) \text{ dB} = 82,8 \text{ dB}$

El nivel diario de exposición al ruido ponderado A, se puede calcular ahora a partir de la ecuación (10):

$$L_{EX,8h} = 10 \lg\left[\left(\frac{1}{3}\right) (10^{0,1.62,7} + 10^{0,1.78,8} + 10^{0,1.82,8})\right] \text{ dB} = 84,3 \text{ dB}$$

### D.5.2 Cálculo de la incertidumbre

La incertidumbre estándar,  $u_{1a2}$ , debida a la medición de los niveles de ruido de la soldada, se calcula a partir de la ecuación (C.6).

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{2 \times 3} [(-0,5)^2 + (-1,6)^2 + (-1)^2]} \text{ dB} = 0,8 \text{ dB}$$

De igual manera, la incertidumbre estándar debida al la medición del nivel de ruido del corte y del pulido, es  $u_{1a3} = 1,2 \text{ dB}$ . La incertidumbre estándar debida a la planificación y a las pausas, se puede establecer en 0 dB, dado que estas tareas no contribuyen a la incertidumbre estándar combinada,  $u$ .

Se ha utilizado un dosímetro sonoro personal según se especifica en la Norma IEC 61252; por lo tanto, de acuerdo con la tabla C.5, la incertidumbre estándar debida a la instrumentación es  $u_{2,m} = 1,5 \text{ dB}$ .

De acuerdo con el capítulo C.6, la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es  $u_3 = 1,0 \text{ dB}$ .

Los coeficientes de sensibilidad asociados a la incertidumbre debido a la medición del nivel de ruido, a la instrumentación y a la posición de medición se calculan mediante la ecuación (C.4).

el coeficiente de sensibilidad para la planificación y las pausas, con  $L_{p,A,eqT,11} \leq 70 \text{ dB}$ , es:

$$c_{1a,1} \leq \left(\frac{1,5}{8}\right) \times 10^{(70,0-84,3)/10} = 0,007 \approx 0$$

el coeficiente de sensibilidad para la soldadura, es:

$$c_{1a,2} = \left(\frac{5}{8}\right) \times 10^{(80,8-84,3)/10} = 0,28$$

el coeficiente de sensibilidad para el corte y el pulido, es:

$$c_{1a,3} = 0,71$$

- a) Cuando la incertidumbre en la duración se excluye, la incertidumbre estándar combinada se calcula a partir de la ecuación (C.3), omitiendo la última parte entre paréntesis.

$$u^2 (L_{EX,8h}) = 0,28^2 (0,8^2+1,5^2+1,0^2) + 0,71^2 (1,2^2+1,5^2+1,0^2) = 2,67$$

De acuerdo con el apartado C.2.2, la incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 1,65 \times \sqrt{2,67} = 2,7 \text{ dB}$$

b) Cuando se incluye la incertidumbre de la duración, la incertidumbre estándar,  $u_{1b,2}$ , debida a la duración de la tarea, viene dada por la ecuación (C.7). Para la soldadura, la incertidumbre estándar en horas, debida a la duración, es:

$$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{1}{2} [1^2 + 1^2]} = 1,0$$

El coeficiente de sensibilidad relativo a la incertidumbre, debido a la duración, se calcula utilizando la ecuación (C.5). Para la soldada, el coeficiente de sensibilidad, expresado en decibeles recíprocos por hora es:

$$c_{1b,2} = 4,34 \times \frac{0,28}{5} = 0,24$$

La incertidumbre estándar debida a la duración del corte y del pulido es  $u_{1b,3} = 0,5$  h.

El coeficiente de sensibilidad, en decibeles por hora, para el corte y el pulido es:

$$c_{1b,3} = 2,1$$

La incertidumbre estándar combinada,  $u(L_{EX,8h})$ , se puede calcular ahora utilizando la ecuación (C.3):

$$u^2 (L_{EX,8h}) = 0,28^2 (0,8^2+1,5^2+1,0^2) + 0,71^2 (1,2^2+1,5^2+1,0^2) + (0,24 \cdot 1,0)^2 + (0,21 \cdot 0,5)^2 = 3,83$$

De acuerdo con el apartado C.2.2, la incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \times u = 1,65 \times \sqrt{3,83} = 3,2 \text{ dB}$$

### D.5.3 Conclusiones

Los soldadores están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 84,3 dB, con una incertidumbre expandida asociada de 2,7 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ( $k = 1,65$ ), si la incertidumbre en la duración se omite, o de 3,2 dB si esta incertidumbre es incluida.

## ANEXO E

(INFORMATIVO)

### Ejemplo de cálculo del nivel diario de exposición al ruido utilizando las mediciones basadas en el trabajo

#### **E.1 General**

En este ejemplo, el nivel de exposición al ruido para trabajadores de una cadena de fabricación se determina a partir de las mediciones basadas en el trabajo. Varias cadenas de fabricación automatizadas sin grandes diferencias técnicas funcionan en la planta.

#### **E.2 Etapa 1: Análisis de trabajo**

Los trabajadores de la cadena de fabricación realizan el mismo trabajo: hacer funcionar y controlar una cadena de fabricación e intervenir en caso de un incidente de producción. Su trabajo incluye muchas tareas (por ejemplo, el suministro de materiales, el control de la producción, la retirada del producto, los ajustes). Sin embargo, no se han encontrado distinciones entre las tareas realizadas durante el análisis de trabajo por las siguientes razones: las condiciones de exposición al ruido de los trabajadores son similares de una tarea a la otra y la duración diaria de cada tarea no se puede determinar a partir de las descripciones del trabajo. Los trabajadores expuestos al ruido constituyen un grupo de exposición homogéneo al ruido, que consta de 18 operarios. La duración efectiva de la jornada laboral para este grupo de exposición homogéneo al ruido es de 7,5 h.

#### **E.3 Etapa 2: Selección de la estrategia**

Del análisis de trabajo para este grupo de exposición homogéneo al ruido de 18 trabajadores, se desprende que no es práctico ni deseable realizar un análisis detallado de las tareas; por lo tanto, se utiliza la estrategia de las mediciones basadas en el trabajo.

#### **E.4 Etapa 3: Mediciones**

La elección de un plan de medición, se guía por las siguientes especificaciones:

- la duración total mínima de las mediciones indicadas en la tabla 1: para un grupo de 18 personas, suman 10,75 h;
- se requieren un mínimo de cinco mediciones del nivel de ruido de la misma duración.

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL

Por ello, se decide realizar seis mediciones y fijar la duración de la medición en 2 h.

La distribución de las seis mediciones se realiza entre los trabajadores de este grupo de exposición homogéneo al ruido y durante el tiempo de trabajo, sabiendo que:

- a) se dispone de dos dosímetros sonoros personales,
- b) los períodos de trabajo del grupo son de 05:00 a 13:00 y de 13:00 a 21:00.

Se escoge a seis trabajadores de manera aleatoria de entre los 18 miembros del grupo de exposición homogéneo al ruido. La distribución escogida de las mediciones es la siguiente:

- Día 1: Equipo de la mañana, 2 operarios; períodos de medición: 10:00 a 12:00 y de 10:30 a 12:30.
- Día 2: Equipo de la mañana, 2 operarios distintos; períodos de medición: 08:00 a 10:00 y de 08:30 a 10:30.
- Día 2: Equipo de la tarde, 2 operarios distintos; períodos de medición: 14:00 a 16:00 y de 18:00 a 20:00.

Las seis mediciones dan los siguiente valores de  $L_{p,A,eqT,n}$ :

88,1 dB    86,1 dB    89,7 dB    86,5 dB    91,1 dB    86,7 dB

El nivel de presión sonora pico ponderado C más alto, es de 137 dB.

#### **E.5            Etapa 4: Tratamiento de errores**

No se detecta ninguna fuente potencial de errores.

#### **E.6            Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados y de la incertidumbre**

##### **E.6.1          Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A y de la incertidumbre**

El promedio energético de los valores medidos,  $L_{p,A,eqTe}$ , se calcula a partir de la ecuación (11) como sigue:

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \lg \left( \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{dB} = 88,4 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar de los valores medidos es

$$u_1 = 2,0 \text{ dB}$$

Ver la ecuación (C.12).

La contribución a la incertidumbre debida a la medición del nivel de ruido (valor tomado de la tabla C.4 para  $N = 6$  y  $u_1 = 2,0$  dB):

$$c_1 u_1 = 1,4 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad son

$$c_2 = c_3 = 1$$

La incertidumbre estándar,  $u_2$ , debida a la instrumentación, se obtiene de la tabla C.5 (el instrumento utilizado fue un dosímetro sonoro personal):

$$u_2 = 1,5 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono (según el apartado C.6) es:

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar combinada,  $u$ , del resultado, se deduce de la ecuación (C.9):

$$u^2(L_{EX,8h}) = 1,4^2 + 1,5^2 + 1,0^2 = 5,21$$

$$u(L_{EX,8h}) = 2,3 \text{ dB}$$

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$  es (ver C.3.2):

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u = 3,8 \text{ dB}$$

## **E.6.2 Resultado final**

Para una duración efectiva de la jornada laboral  $T_e = 7,5$  h y para un nivel de ruido promedio  $L_{p,A,eqT} = 88,4$  dB, el nivel diario de exposición al ruido ponderado A de este grupo de exposición homogéneo al ruido se calcula a partir de la ecuación (13):

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right) \text{ dB} = 88,1 \text{ dB}$$

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$  es

$$U(L_{EX,8h}) = 3,8 \text{ dB}$$

### **E.6.3 Conclusiones**

Los 18 miembros del grupo de exposición homogéneo al ruido, reciben un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 88,1 dB, con una incertidumbre expandida asociada de 3,8 dB, para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ( $k = 1,65$ ).

## ANEXO F

(INFORMATIVO)

### Cálculo demostrativo del nivel diario de exposición al ruido utilizando mediciones de una jornada completa

#### **F.1 General**

Este anexo contiene un ejemplo de uso de la estrategia de medición de la jornada completa especificada en el capítulo 11 en la determinación del nivel diario de exposición al ruido.

El ejemplo muestra la aplicación de la estrategia para determinar la exposición al ruido de conductores de motoelevadoras, que trabajan en una empresa de fabricación y almacenamiento de cables.

#### **F.2 Etapa 1: Análisis de trabajo**

El trabajo de los conductores de motoelevadoras implica el transporte de las materias primas y del producto acabado dentro y entre las zonas de producción, almacenamiento y expedición del lugar de trabajo. El trabajo de los conductores puede variar dependiendo de las instrucciones de sus supervisores. Las motoelevadoras se pueden conducir sobre una variedad de superficies, no cargadas, parcialmente cargadas o completamente cargadas. Los conductores pasan una gran parte del día dentro de las cabinas de las motoelevadoras, pero tienen que abandonarlas periódicamente para ayudar en la carga y descarga, para hablar sobre el trabajo con los compañeros y los supervisores, etc. Las motoelevadoras están equipadas con alarmas sonoras de marcha atrás, cuyo uso es obligatorio.

Hay tres conductores de motoelevadoras. Trabajan en turnos de 10 h, que incluye tres pausas de 20 min, 45 min y 20 min, respectivamente. Las dos pausas más cortas se hacen en cualquier lugar adecuado dentro del lugar de trabajo en el momento que el conductor desee. La pausa más larga se realiza a una hora fija en el comedor habilitado para el personal. La duración efectiva de la jornada laboral es por lo tanto de 9,25 h.

Una descripción de las actividades profesionales se realizó mediante la observación y se confirmó por medio de conversaciones con los conductores y sus supervisores. Se consideró que los tres conductores de motoelevadoras formaban un grupo de exposición homogéneo al ruido (ver 7.2).

### **F.3 Etapa 2: Selección de una estrategia**

Debido a la relativa complejidad e imprevisibilidad de las pautas de trabajo, se consideró la estrategia de la medición de la jornada completa como la más adecuada.

### **F.4 Etapa 3: Mediciones**

#### **F.4.1 Plan de medición**

Inicialmente, se realizó una medición de una jornada completa a cada uno de los conductores.

Se instalaron dosímetros sonoros personales, correctamente calibrados, a cada uno de los conductores al inicio del turno de trabajo. Se informó a los conductores del funcionamiento del instrumento de medición y se les pidió trabajar normalmente, de no tocar o interferir con el micrófono o el instrumento de medición y de intentar evitar cualquier contacto involuntario con el micrófono e intentar evitar cualquier conversación innecesaria o gritos durante el turno de trabajo.

Los dosímetros sonoros personales se dejaron activos durante las dos pausas cortas; en este caso, la exposición al ruido durante la pausa del almuerzo se consideró como irrelevante, y el técnico responsable de las mediciones puso los dosímetros en modo de “pausa”.

Al final del turno de trabajo se retiraron los dosímetros sonoros personales y se realizaron los procedimientos apropiados de calibración.

Debido a la necesidad de disponer de tiempo al principio y al final de los turnos de trabajo para la instalación y la retirada del instrumento y de instruir a los conductores, la duración de medición fue ligeramente inferior a la duración del turno de trabajo completo. Sin embargo, las mediciones tuvieron la duración suficiente para cubrir todos los períodos significativos de la exposición al ruido.

Al final de las tres mediciones iniciales de la jornada completa, se halló que los tres resultados diferían en más de 3 dB; por ello, se realizaron tres mediciones adicionales de jornada completa, utilizando las mismas técnicas descritas anteriormente; en total, se realizaron seis mediciones de jornada completa.

#### **F.4.2 Observación de las actividades de trabajo y control de las mediciones**

Para evaluar cualquier fuente de incertidumbre que pudiese influir en los resultados, el técnico responsable de las mediciones observó periódicamente a cada uno de los conductores durante el curso de las mediciones y tomó las notas apropiadas sobre sus actividades.

Además, al final del turno de trabajo, se retiraron los dosímetros sonoros personales y el técnico se entrevistó con cada uno de los conductores para establecer si la jornada laboral era representativa y, para descubrir si se realizaron tareas atípicas o, si algún incidente podría haber influido en los resultados.

#### F.5 Etapa 4: Tratamiento de errores

No se detecta ninguna fuente potencial de errores.

#### F.6 Etapa 5: Cálculo y presentación de los resultados y de la incertidumbre

##### F.6.1 Resultados de las mediciones

Los resultados de las seis mediciones se muestran en la tabla F.1.

**TABLA F.1 – Resultados de las mediciones**

Conductor/Día	Nivel de presión sonora continuo equivalente $L_{p,A,eqT,n}$ dB	Duración de medición t
1/1	88,0	8 h 15 min
2/1	91,9	8 h 10 min
3/1	87,6	8 h 15 min
1/2	90,4	8 h 00 min
2/2	89,0	8 h 05 min
3/2	88,4	8 h 10 min

##### F.6.2 Cálculo del nivel diario de exposición al ruido ponderado A

El nivel diario de exposición al ruido ponderado A, del grupo de exposición homogéneo de los conductores de motoelevadoras, se deriva del promedio energético de los seis valores medidos de  $L_{p,A,eqT,n}$ , utilizando la ecuación (11).

Si se utilizan los valores de la tabla F.1, el resultado es  $L_{p,A,eqTe} = 89,5$  dB.

El nivel diario de exposición al ruido ponderado A,  $L_{EX,8h}$ , se deriva de la ecuación (13). La duración efectiva de la jornada laboral,  $T_e = 9,25$  h y la duración de referencia es de 8 h .

Por lo tanto

$$L_{EX,8h} = 89,5 \text{ dB} + 10 \lg\left(\frac{9,25}{8}\right) \text{ dB} = 90,1 \text{ dB}$$

### F.6.3 Cálculo de la incertidumbre

Para la estrategia de medición de la jornada completa, la incertidumbre expandida,  $U$ , se determina siguiendo los procedimientos especificados en el capítulo C.3.

La incertidumbre estándar,  $u_1$ , del valor de la energía promediada  $L_{p,A,eqT}$ , se deriva de la ecuación (C.12), es decir,

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{5} [(-1,2)^2 + 2,7^2 + (-1,6)^2 + 1,2^2 + (-0,2)^2 + (-0,8)^2]} \text{ dB} = 1,65 \text{ dB}$$

La contribución a la incertidumbre,  $c_1 u_1$ , de la tabla C.4 para  $N = 6$  y  $u_1 = 1,65 \text{ dB}$  es  $c_1 u_1 = 1,0 \text{ dB}$ .

La incertidumbre estándar debida a la instrumentación,  $u_{2,m}$ , se toma de la tabla C.5, donde, dado que el instrumento utilizado fue un dosímetro sonoro personal:

$$u_2 = 1,5 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono,  $u_3$ , se toma del capítulo C.6:

$$u_3 = 1,0 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad,  $c_2$  y  $c_3$ , se derivan de la tabla C.3:

$$c_2 = c_3 = 1$$

La incertidumbre estándar combinada,  $u(L_{EX,8h})$ , del resultado se deriva de la ecuación (C.9):

$$u^2(L_{EX,8h}) = (1,0^2 + 1,5^2 + 1,0^2) = 4,25$$

Por lo tanto, la incertidumbre estándar combinada,  $u(L_{EX,8h}) = 2,06 \text{ dB}$ .

La incertidumbre expandida,  $U(L_{EX,8h})$ , es:

$$U(L_{EX,8h}) = 1,65 \cdot u = 3,4 \text{ dB}$$

### F.6.4 Conclusiones

Los tres conductores de las motoelevadoras están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 90,1 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 3,4 dB para una probabilidad de cobertura unilateral del 95 % ( $k = 1,65$ ).

### Bibliografía

- [1] ISO 4869-2 *Acoustics*. Hearing protectors. Part 2: Estimation of effective A-weighted sound pressure levels when hearing protectors are worn.
- [2] ISO 11200 *Acoustics*. Noise emitted by machinery and equipment. Guidelines for the use of basic standards for the determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions.
- [3] ISO 11201 *Acoustics*. Noise emitted by machinery and equipment. Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions in an essentially free field over a reflecting plane with negligible environmental corrections.
- [4] ISO 11202 *Acoustics*. Noise emitted by machinery and equipment. Measurement of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions applying approximate environmental corrections.
- [5] ISO 11203, *Acoustics*. Noise emitted by machinery and equipment. Determination of emission sound pressure levels at a work station and at other specified positions from the sound power level.
- [6] ISO 11205 *Acoustics*. Noise emitted by machinery and equipment. Engineering method for the determination of emission sound pressure levels in situ at the work station and at other specified positions using sound intensity.
- [7] ISO 11904-1 *Acoustics*. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear. Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique).
- [8] ISO 11904-2 *Acoustics*. Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear. Part 2: Technique using a manikin.
- [9] ISO/TR 25417:2007 *Acoustics*. Definitions of basic quantities and terms.
- [10] IEC 60651:2001<sup>2)</sup> *Sound level meters*.
- [11] IEC 60804:2000<sup>2)</sup> *Integrating-averaging sound level meters*.
- [12] EN 458:2004 *Hearing protectors*. Recommendations for selection, use, care and maintenance. Guidance document.
- [13] GRZEBYK, M. THIÉRY, L. Confidence intervals for the mean of sound exposure levels. *Am. Indust. Hyg. Assoc. J.* 2003, 64, pp 640-645.
- [14] THIÉRY, L. OGNEDAL, T. Note about the statistical background of the methods used in ISO/DIS 9612 to estimate the uncertainty of occupational noise exposure measurements. *Acta Acust. Acust.* 2008, 94, pp 331-334.

---

<sup>2)</sup> Sustituida por IEC 61672 (todas las partes).