

**ESTRATEGIA DE EVALUACION Y DE  
PREVENCION/MEJORA DE LOS RIESGOS  
LIGADOS A  
LOS AMBIANTES SONOROS DE TRABAJO**

Professeur J. Malchaire  
Université catholique de Louvain

# NIVEL 1, OBSERVACION

## INTRODUCCION

### OBJETIVOS

- Recoger la información general sobre los orígenes del ruido
- Fijar los medios técnicos inmediatos para prevenir/mejorar
- Decidir si un Análisis (NIVEL 2) más a profundidad es necesario

### QUIÉN ?

- Las personas del terreno que conocen la situación de trabajo.
- En colaboración con los trabajadores y los superiores.

### CÓMO ?

1. **Descripción** detallada de las situaciones de trabajo.
  - croquis y lugar de los orígenes del ruido
  - lugar de los puestos de trabajo
  - trabajadores involucrados
2. **Recolecta** de la información por cada fuente de ruido.
  - descripción
  - nivel sonoro estimado o medido
3. **Prevención/mejoras**
  - en la fuente
  - por alejamiento de la fuente
  - por tratamiento del local
4. **Síntesis:** de la situación de trabajo en su conjunto.
  - opinión de la situación actual
  - balance de las acciones prevención/mejoras
  - opinión de la situación futura
  - necesidad de un **Análisis**, NIVEL 2, urgencia y objetivos.

### 1.1. DESCRIPCION DE LA SITUACION DE TRABAJO

- El plano de los lugares, con:
  - ubicación de fuentes
  - puestos de trabajo
  - trabajadores involucrados

FUENTES		Puestos considerados
Númer	Descripcion	Trabajadores considerados
1	pulidora	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> en zona A
2	pulidora	T <sub>3</sub> T <sub>4</sub> en zona B
3	taladradora	T <sub>1</sub> à T <sub>4</sub> Zonas A y B
4	ventilador	Todos

## 1.2. CARACTERIZACION DE LAS FUENTES DE RUIDO

- **Lista** de las fuentes de ruido las más audibles
  - **tipo de ruido** continuo, intermitente
  - ruido de **impacto** y/o sonidos **puros**
- Si se dispone de un sonómetro, evaluar el **nivel de ruido medio**
- Si no
  - **nivel de la voz** para hacerse comprender a 1 m de la fuente
  - estimación del **nivel sonoro**

Voz	normal	elevada	muy fuerte	gritada	extrema
Nivel dB(A)	50	62	68	75	80

## 1.3. CONTROL EN LA FUENTE

- 1. Vibración** de piezas y/o de tableros:
  - Apretar las piezas y/o tableros
  - Recubrir con un material cauchoso (ficha)
- 2. Suelo que vibra**
  - Montar amortiguadores
- 3. Impactos** de piezas sobre superficie dura
  - Inclinar la placa sobre la cual caen los objetos
  - Recubrir la placa con un material cauchoso.
- 4. Ruido Mecánico:**
  - Engranajes helicoidales > derechos
  - Materiales plásticos
- 5. Ruido Aerodinámico;**
  - Evitar discontinuidad u objetos dentro de la vaina de aire
  - Silenciadores dentro de las vainas.
- 6. Emision de gas:**
  - Silenciadores en los puntos de emision.
- 7. Chorros de aire:**
  - Pistola especial con silenciadores
  - reducción de la velocidad de salida
  - Evitar el impacto perpendicular del chorro a superficie
- 8. Cubrimiento de la máquina**
  - Capot **Hermético** recubierto de materiales cauchosos
  - y de materiales absorbentes en su interior.
- 9. Presencia de sonidos puros** (ruidos con sonoridad particular) :
  - Ventilador
    - ◇ Arreglo de aletas
    - ◇ Reequilibraje de de las partes en rotacion
  - Sierras :Amortiguación de la lámina
  - Resonancia
    - ◇ Materiales cauchosos

## 1.4. ALEJAMIENTO DE LA FUENTE

- Alejar la fuente del trabajador  
doblar la distancia fuente-trabajador : disminución de 6 dB(A)
- Colocación de una pantalla entre trabajador y la máquina

## 1.5. TRATAMIENTO DEL LOCAL

- Examinar la **reverberacion del local**
- **Materiales** actuales de las superficies
  - ◇ agregar materiales absorbentes

## 1.6. SINTESIS:

Para cada puesto de trabajo:

### 1. Riesgo actual

- Juicio **sobre la situación del trabajo actual**

#### **Criterios:**

- ◆ **inconfort ligero** voz superior a la normal: 50 dB(A)
- ◆ **inconfort elevado** voz elevada: 70 dB(A)
- ◆ **riesgo bajo de sordera** voz muy fuerte: 85 dB(A)
- ◆ **riesgo medio de sordera** voz gritada: 90 dB(A)
- ◆ **riesgo elevado de sordera** voz extrema: 100 dB(A)

### 2. Riesgo residual después de la prevención

### 3. Balance de las medidas de prévention/mejoras

### 4. Necesidad de un **ANALISIS** (NIVEL 2) más a profundidad

- urgencia
- objetivos

### 5. Medidas a corto tiempo (protección individual):

- Cuál ?
- Por quién ?
- Cuándo ?

## NIVEL 2 : ANALISIS INTRODUCCION

### OBJETIVOS

- Evaluar la exposicion real de los trabajadores por las mediciones.
- Profundizar en la busqueda de las medidas de prevencion/mejoras,
  - por mediciones particulares,
  - por técnicas más especializadas.
- Estimar si es procedente realizar un estudio a más profundidad (**EXPERTO**, NIVEL 3).

### QUIÉN ?:

- Las personas del terreno con la asistencia de los **prevencionistas** que posean:
  - las capacidades metodológicas,
  - los equipos de medición.

### CÓMO ?:

1. Nivel cotidiano de exposición sonora.
2. Riesgo actual.
3. Caracterización de las fuentes de ruido.
4. Medidas de prevención/mejoras.
5. Riesgo residual.
6. NIVEL 3, **EXPERTO** es necesario.
7. Medidas a corto tiempo.
8. Seguimiento médico.

### 2.1. EXPOSICION DE LOS TRABAJADORES: ESTADO ACTUAL

1. **Agrupamiento** de los trabajadores que tengan la misma exposición
2. **Periodo representativo**
  - **Momentos** de las mediciones
  - fechas y horas
  - representabilidad
3. **Técnica** de las mediciones
  - equipo
  - localización de las mediciones
4. **Mediciones** del  $N_{eq}$  en cada puesto con
  - duración de la exposición por dia
  - presencia o no de ruido de impactocalculo del nivel de exposicion parcial personal  $N_{EP,i}$  retirando del  $N_{Aeq}$  el valor K función de la duración, dada por el tablero siguiente

Duración	1'	5'	10'	20'	30'	45'	1h	1.5h	2h	3h	4h	5h	6h	8h
K (dB(A))	27	20	17	14	12	10	9	7	6	4	3	2	1	0

**5. Nivel sonoro máximo deseado.**

**6. Nivel de exposición sonoro  $N_{EP,8}$**

- combinando los  $N_{EP,i}$

diferencia dB(A)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
añadir dB(A)	3	2,5	2,1	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2

**7. Riesgo actual**

- inconfortable
- sordera
- El porcentaje de sujetos susceptibles de llegar a ser sordos
  - ◇ Handicap (pérdida media > 35 dB)
  - ◇ invalidez (pérdida media >50 dB)
  - ◇ a la edad de 60 años, después de 40 años de exposición
  - ◇ en las condiciones de ruido :

$N_{EP}$ dB(A)	85	90	92	94	97	98	99	100
Riesgo invalidez %	6	9	12	15	20	23	26	30
Riesgo handicap	21	26	29	34	43	47	51	56

**8. Jerarquización de las fases de trabajo**

**2.2. ESTUDIO DEL LOCAL Y DE LAS FUENTES DE RUIDO**

1. Modificaciones de las técnicas del trabajo
2. Características de las fuentes de ruido
3. Reducción del ruido en la fuente
4. Propagación directa del ruido
5. Tratamiento acústico del local
6. Aislamientos acústicos

**2.3. REORGANIZACION DEL TRABAJO**

**2.4. ESTADO FUTURO ANTICIPADO**

**1. Exposición de los trabajadores: estado futuro anticipado**

Ejemplo: grupo de trabajadores  $T_1$  y  $T_2$ :

Fase de trabajo	Duración de la exposición por día	$N_{eq}$	Impacto >140	$N_{EX,i}$	Comentarios
pulir después de automatización parcial	30'	98	no	86	
otro puesto A	5 h	86	no	84	
cepillar, puesto B	1 h	90	no	81	
descanso	1.30 h	70	no	63	
<b>Total</b>	<b>8h</b>		<b>no</b>	<b>89</b>	

- 2. Riesgo residual**
- 3. Necesidad de una NIVEL 3, EXPERTO, a más profundidad**
  - urgencia
  - objetivos
- 4. Jerarquización de las fases del trabajo**
- 5. Balance de las medidas de prevención/mejora planeadas**
  - **quién hace qué y cuándo ?**
- 6. Medidas de protección a corto tiempo**
  - protección individual
- 7. Seguimiento médico**
  - exámenes audiométricos legales
  - programa de conservación de la audición

## NIVEL 3 : EXPERTO

### OBJETIVOS

- Por mediciones especiales, analizando ciertas fuentes de ruido y/o ciertos fenómenos acústicos.
- Analizar la exposición global de los trabajadores.

### QUIÉN ?

- **Las personas del terreno** con la ayuda suplementaria de los expertos que posean:
  - los medios de medición y de interpretación necesarios;
  - la competencia técnica para la búsqueda de soluciones particulares.

### CÓMO ?

- **Condiciones a estudiar de manera más profunda?**
  - **Cuales condiciones**
  - **Planificación de las mediciones**
    - ◇ Constitución de grupos homogéneos de exposición
    - ◇ Determinación del intervalo de estacionaridad
    - ◇ Número de sujetos a muestrear
    - ◇ Número de muestras por persona
    - ◇ Duración de cada muestra
    - ◇ Programación temporal de los muestreos a lo largo del intervalo de estacionaridad
- **Mediciones:**
  - ◇ equipos;calibración;técnica;
  - ◇ resultados.
- **Interpretación de las mediciones**
  - verificación de la homegeneidad del grupo de trabajadores
  - verificación del intervalo de estacionaridad
  - media de los niveles  $N_{eq}$  resultantes
  - desviación standard de los  $N_{eq}$  resultantes
  - cálculo del nivel equivalente global
  - desviación standard corregida
  - cálculo del nivel cotidiano de exposición sonora  $N_{EX,8}$
  - precisión del  $N_{EX,8}$
  - necesidad de muestreos complementarios
- **Mediciones de prevención/mejora**
  - segun el caso
    - ◇ análisis de ruidos en bandas de octavas o de tiers de octava
    - ◇ mediciones de tiempos de reverberación
    - ◇ mediciones de resonancias de las máquinas
    - ◇ mediciones de los aislamientos acústicos entre locales
- **Riesgo residual**
- **Medidas de protección individual**
- **Seguimiento médico óptimo**

# FICHA 1

## ORDEN DE MAGNITUD DE LOS NIVELES SONOROS

### 1. Unidades

- El ruido es caracterizado por:
  - ◊ Su frecuencia (Hz): Gama audible 20 a 20.000 Hz,  
     Sonidos graves : bajas frecuencias(<400 Hz),  
     Sonidos agudos : altas frecuencias(>1600 Hz).
  - ◊ Su amplitud en decibeles (dB).
- En término de exposición profesional, la unidad de los niveles sonoros es el dB(A) quien caracteriza el ruido tal como es escuchado, teniendo en cuenta la sensibilidad del oído humano.

### 2. Orden de magnitud

- La figure a continuación caracteriza algunos ruidos corrientes en términos de frecuencias y de amplitudes.
- La tabla a continuación da el orden de magnitud de los ruidos típicos.

### 3. Adición de los decibels

- ◊ Cuando dos ruidos  $N_1$  y  $N_2$  independientes existen al mismo tiempo, el nivel total  $N_T$  es igual al nivel él mas alto, aumentado con un incremento función de la diferencia entre los dos niveles.

Diferencia dB(A)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12
Añadir dB(A)	3	2,5	2,1	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2

**Ejemplo:**

$N_1 = 90$  dB(A)  
 $N_1 = 90$  dB(A)

$N_2 = 90$  dB(A)  
 $N_2 = 93$  dB(A)

$N_T = 93$  dB(A)  
 $N_T = 94.8$  dB(A)

- El nivel total igualmente puede ser evaluado utilizando el programa ADDB.EXE entregado con el presente documento.

### Orden de magnitud de ruidos típicos (Alsina, 1992)

Posibilidad de conversación	Sensación auditiva	Nivel sonoro dB(A)	Ruidos interiores	Ruidos exteriores
A voz	Nivel audible	0	Laboratorio de acústica	
Cuchicheo	Silencio o habitual	5	Laboratorio de acústica	
	Muy calmado	10	Estudio de grabación Cabinas de toma de sonido	
		15		Hojas livianas agitadas por el viento suave en un jardín silencioso
		20	Estudio de radio	Jardín tranquilo
		25	Conversación a voz baja 1,50 m	
A voz normal	Calmado	30	Apartamento en un barrio tranquilo	
		40	Oficina tranquila en un barrio calmado	
		45	Apartamento normal	Ruidos mínimos el día en la calle
	Ruidos corrientes	50	Restaurante tranquilo	Calle muy tranquila
Muy fuerte		60	Grandes almacenes Conversación normal Música de cuarto	Calle residencial
	Ruidoso pero soportable	65	Apartamento ruidoso	
		70	Restaurante ruidoso Música	Circulación importante
Difícil		75	Salón de mecanografía Industria media	
	Difícil a escuchar	85	Radio muy fuerte Taller de tornado y de ajuste	Circulación intensa a 1 m
Obligación de gritar para hacerse entender		95	Taller de herrería	Calle de tráfico intenso
	Muy difícil de soportar	100	Sierra mecánica Prensa de corte de mediana potencia	Martillo -perforador en la calle a menos de 5 m
Imposible		105	Cepilladora	
		110	Taller de calderas	Remachadora a 10 m
	Nivel de dolor	120	Banco de ensayo de motores	
	Exige una protección	130	Martillo compactador	
	Especial	140	Taller de pruebas de turborreactores	

## FICHA 2 REGLEMENTACION

La presente ficha esta establecida con base del texto del próximo capítulo IV « Ambientes de trabajo y agentes físicos » del código de bienestar. Aquí se resume el texto que debe ser consultado mas detalladamente.

### A) Objetivo

- ◇ El empleador toma todas las medidas para asegurar la protección de los trabajadores contra los daños ligados al ruido(salud, audición, seguridad);
- ◇ La exposición al ruido debe ser reducida al nivel él mas bajo posible teniendo en cuenta los progresos técnicos.

### B) Evaluación

Los niveles de exposición personal ( $N_{EP}$ ) son evaluados y si es necesario medidos:

- ◇ Por personas capacitadas,
- ◇ Con los métodos y aparatos adaptados,
- ◇ Con la responsabilidad del empleador,
- ◇ Con la colaboración de los trabajadores.

### C) Niveles límites

- ◇ si  $N_{EP} > 80$  dB(A):
  - \* Formación e información de los trabajadores,
  - \* Medios de protección individual (MPI) puestos a disposición;
- ◇ si  $N_{EP} > 85$  dB(A) y/o nivel de ruido de impacto  $> 140$  dB:
  - \* Justificación por el empleador,
  - \* Programa de acción y/o de organización del trabajo,
  - \* Delimitación de las zonas peligrosas y restricción eventual de acceso,
  - \* Uso obligatorio de los medios de protección individual por los trabajadores.

### D) Formación, información, colaboración de los trabajadores

- ◇ Formación que comprenda:
  - \* Los daños eventuales (salud, audición, seguridad);
  - \* La utilización de maquinas ruidosas y el trabajo con ruido;
  - \* Los objetivos de la vigilancia médica;
  - \* Los medios de protección colectiva e individual;
- ◇ colaboración con las:
  - \* Medidas de prevención/mejoras,
  - \* Mediciones del nivel de exposición personal,
  - \* Elección de los Medios de Protección Individual(MPI).

### E) Vigilancia médica

Si  $N_{EP} > 85$  dB(A) y/o de impacto  $> 140$  dB: examen médico con audiometria:

- ◇ Al ingreso;
- ◇ Después de 12 meses de exposición;
- ◇ Todos los tres años si NEP comprendido entre 85 y 90 dB(A);
- ◇ Todos los años si  $N_{EP} > 90$  dB(A) y/o ruido de impacto  $> 140$  dB.

### F) Medios de protección individual

- ◇ Escogido por el médico del trabajo, El higienista en seguridad y los trabajadores;
- ◇ Medios de Protección Individual (MPI) adaptados al trabajador y capaz de atenuar el  $N_{EP}$  a menos de 90 dB(A);
- ◇ Los MPI no pueden ocasionar ningún peligro de accidente de trabajo.

## FICHA 3

### PRINCIPIOS GENERALES DE REDUCCION EN LA FUENTE

#### 1. Reducción de las vibraciones

- Calibración de las máquinas del torno.
- Engranajes helicoidales en lugar de derechos.
- Piezas con atenuación interna (teflón).
- Separación de la máquina con relación al ambiente:
  - ◇ Volver rígidos los elementos de la máquina (capó,...);
  - ◇ Conexiones (eléctricas, aeráulicas, hidráulicas) suaves;
  - ◇ Materiales resiliantes (asfalto, tintura caochosa) sobre las superficies (chapas, ...); (FICHA 8)
  - ◇ « silent blocs » debajo de la máquina. (FICHA 8)

#### 2. Impactos

- Reducción de las distancias de caída de objetos de metal sobre metal;
- Reducción de las fuerzas y presiones;
- Reducción de las discontinuidades de fuerza (piezas oblicuas, ...);
- Contacto establecido antes de la aplicación de la fuerza.

#### 3. Escapes de aire

- Reducción de las presiones;
- Mayor diámetro de salida;
- Utilización de silenciadores.

#### 4. Chorros de aire

- Optimización de las presiones-débitos.
- Utilización de pistones especiales.
- Elección de técnicas alternativas.

#### 5. Contenedores metálicos

- Solidificación de los elementos integrantes.
- Materiales resiliantes sobre las paredes, techos, ...

Si el material es movable, ruedas de gran diámetro en caucho.

#### 6. Cubrimiento

- El capó no puede ser eficaz sino cuando:
  - ◇ Si él contiene en los lados internos materiales absorbentes;
  - ◇ Si las aberturas son reducidas al mínimo y equipadas de silenciadores;
  - ◇ Si es desunión de la máquina y/o recubierto de un material interno amortiguador (madera mejor que tôle, tôle recubierta de caucho,...).

## **7. Localización**

- Evitar de colocar una maquina ruidosa cerca de una superficie reflectora de ruido (muro, ...),
- O recubrir esta superficie reflectora de materiales absorbentes.

## **8. Ruido aeraulico**

- Equilibrar las maquinas sopladoras.
- Desunir los conductos de la máquina.
- Colocar materiales absorbentes por el contorno, o longitudinalmente adentro del conducto (silenciadores).
- Eliminar toda discontinuidad de velocidad de aire.
- Eliminar todo caballete vacío en el conducto de aire.

## **9. Limpieza y mantenimiento de las máquinas.**

- Vigilancia regular del estado de las máquinas(semanalmente, mensualmente, ...).
- Mantenimiento regular en función de la utilización (bimensual, anual, ...).
- Par une persona competente.
- Remplazo de las piezas deterioradas antes su rompimiento .

## **REFERENCIAS**

1. Alsina D. (1992) Le bruit. Un casse-tête? C.R.A.M., France, p. 17.
2. Thumann A., Miller R.K. (1986) Fundamentals of noise control engineering. Fairmont Press, Inc., Georgia, pp. 137.
3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp. 119.
4. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp. 158.
5. Cowan J.P. (1994) Handbook of environmental acoustics. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 283.

## FICHA 4 PROPAGACION SONORA EN CAMPO LIBRE Y BARRERAS

### 1. Campo libre

- Propagación directa del ruido sin reflexión (reverberación) sobre las paredes: Situación típica al exterior o en un local muy absorbente.

### 2. Propagación del ruido en campo libre

- Reducción de 6 dB del nivel sonoro cuando la distancia entre la fuente y el trabajador es duplicado.

Ejemplo :

Si	a 1 m de la fuente	90 dB(A)
	a 2 m de la fuente	84 dB(A), -6 dB
	a 8 m de la fuente	72 dB(A), -18 dB

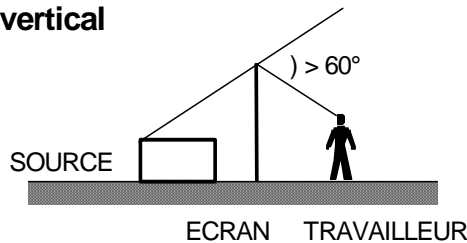
### 3. En **campo libre**, la localización de una **pantalla** entre la fuente y el trabajador involucrado

Una atenuación complementaria que puede disminuir 15 dB(A).

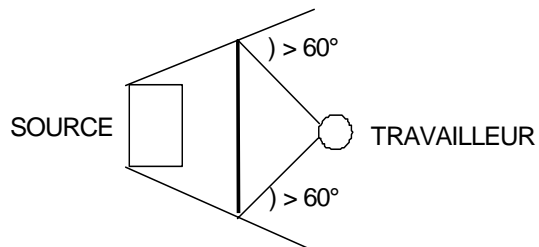
Es necesario sin embargo que :

- En el plano horizontal, la longitud de la pantalla
- Y en el plano vertical, la altura de la pantalla, si los ángulos indicados en las figuras siguientes sean superiores a 60°.

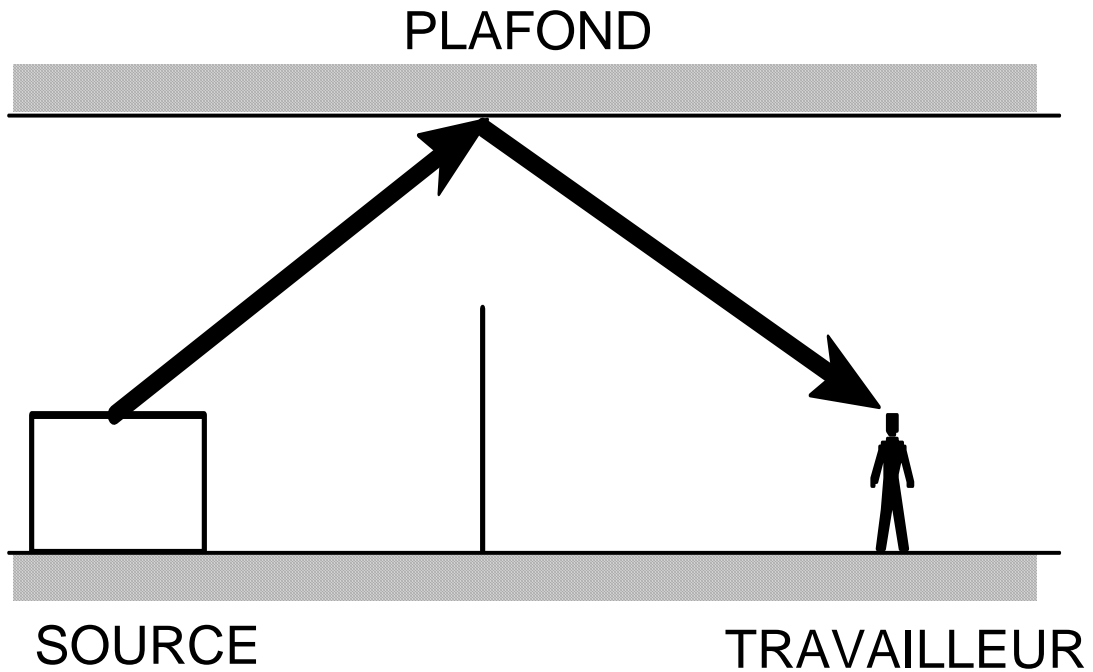
#### Plan vertical



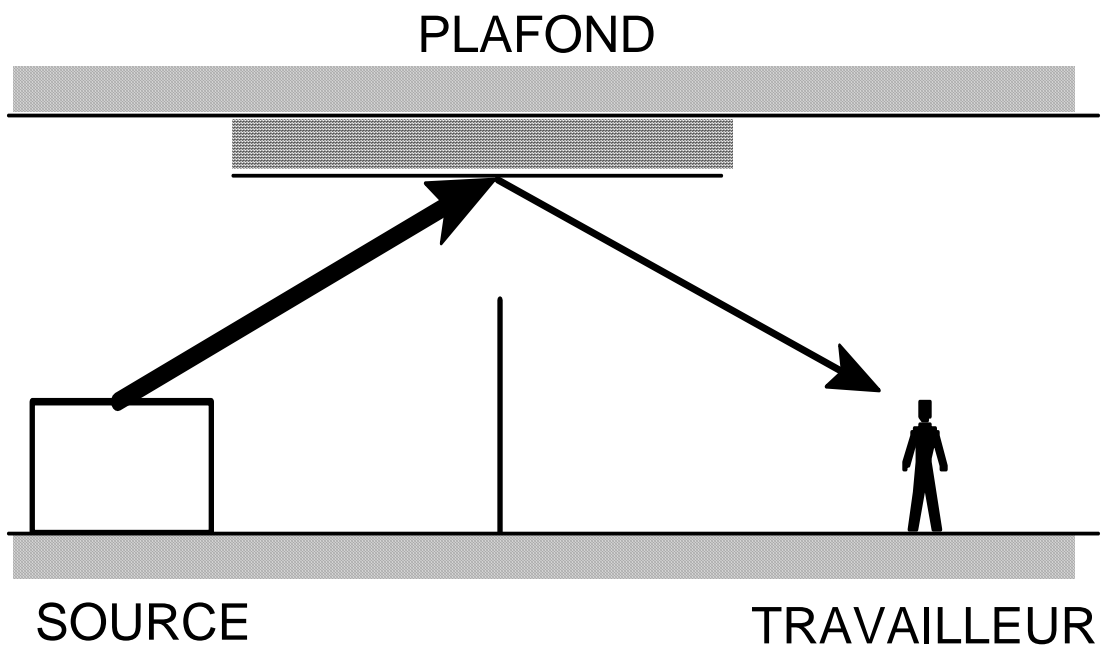
#### Plan horizontal



4. En un **local ordinario**, esta atenuación puede ser arruinada del hecho de las reflexiones sobre el cieloraso o los muros:

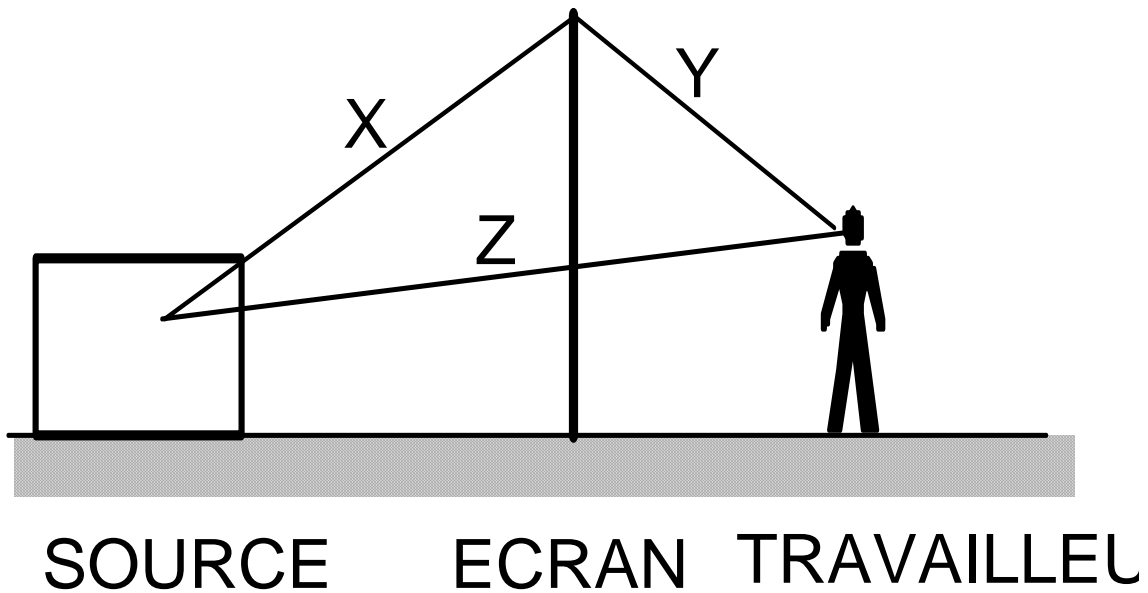


Entonces es necesario recubrir la porción del cieloraso con materiales muy absorbentes.



## 5. Predicción

- La atenuación puede ser predicha de manera más precisa por el cálculo de las distancias X, Y, y Z (m) en el plano horizontal y vertical.



y el cálculo de:

$$N = (X+Y-Z) \text{ Frecuencia}/170$$

N (-)	Atenuación R (dB)
0	0
0,1	3
0,2	4
0,4	6
0,8	8
1	9
2	11
4	14
8	17
10	18

## REFERENCES

1. Cowan J.P. (1994) Handbook of environmental acoustics. Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 113-123.
2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 23-26.

## FICHA 5

### PROPAGACION SONORA EN CAMPO DIFUSO (MATERIALES ABSORVENTES)

#### 1. Campo difuso

- Propagación en directo y por reflexión sobre las paredes (campo reverberado) entre la fuente de ruido y el trabajador (caso el más frecuente en el medio profesional).

#### 2. Propagación en campo difuso

- El nivel sonoro junto al trabajador es función :
  - ◇ Del nivel emitido por la fuente,
  - ◇ De la distancia entre la fuente y el trabajador (campo directo),
  - ◇ De la superficie de las paredes y del volumen del local:
    - \* El nivel sonoro disminuye si el local es mas grande,
  - ◇ De la absorción del ruido por los materiales recubriendo las paredes:
    - \* El nivel sonoro del campo reverberado disminuye si las paredes son más absorbentes,
    - \* El disminuye alrededor de 3 dB (en campo reverberado) por duplicación del coeficiente de absorción medio de las superficies.

#### 3. Materiales absorbentes

- Materiales destinados a reducir la reverberación del ruido **al interior** de un local,
  - ◇ Caracterizado por su coeficiente de absorción a (%):
    - \* a = 0%: nada es absorbido y todo el ruido es reverberado,  
Ejemplo: cemento pulido,
    - \* a = 100%: todo es absorbido,  
Ejemplo: puerta abierta;
  - ◇ La absorción en general es mejor en altas frecuencias,
    - \* Por consecuencia es más fácil reducir los ruidos agudos que los ruidos graves.

#### 4. Tipos de materiales absorbentes

- Materiales absorbentes porosos:
  - \* Fibra de vidrio, de peña,
  - \* Espumas plásticas, madera expansiva,
- ◇ caracterizado por:
  - \* Una muy alta absorción a altas frecuencias,
  - \* Una absorción netamente más débil a bajas frecuencias,
- ◇ La absorción a bajas frecuencias puede ser aumentada utilizando vallas porosas semi-rígidas, colocadas a 20 o 40 cm de la pared posterior.

- Materiales membranas et resonadores:
  - \* Tableros livianos en madera, vidrio, metal,
  - ◊ Caracterizado por:
    - \* Una débil absorción a altas frecuencias,
    - \* Una absorción más elevada a bajas frecuencias.
- Materiales membranosos recubiertos de un material poroso;
  - ◊ Caracterizado por una absorción mas uniforme en todas las frecuencias.

### 3. Coeficientes de absorción de materiales clásicos

Erreur ! Signet non défini.	Baja frecuencia 125 Hz	Mediana frecuencia 500 Hz	Altas frecuencias	
			2 kHz	4 kHz
Piedra, cemento liso	0,01	0,02	0,02	0,02
Revestimiento del suelo duro	0,03	0,03	0,05	0,05
Corcho, bloques de madera,	0,05	0,05	0,1	0,1
Vinilo o caucho sobre el suelo o muro	0,2	0,1	0,05	0,02
Ventanas con vidrio de 3 mm	0,1	0,04	0,02	0,02
Grandes ventanas 7 mm	0,03	0,03	0,04	0,04
Techo falso sobre fondo duro	0,3	0,1	0,04	0,04
Techo falso en vacío	0,2	0,1	0,04	0,04
Techo falso suspendido al cielo-raso con un vacío importante.	0,05	0,05	0,05	0,05
Contraplacas sobre fondo duro	0,3	0,15	0,1	0,05
Idem sobre vacío o maderas	0,4	0,15	0,1	0,05
Idem con material absorbente en vacío	0,05	0,15	0,3	0,3
Placas en madera compacta	0,3	0,3	0,3	0,3
13 mm sobre fondo duro	0,1	0,3	0,5	0,5
Idem con vacío de aire o montado sobre maderas	0,1	0,7	0,8	0,8
Tapete de mediano espesor sobre suelo en cemento	0,1	0,4	0,6	0,6
Filtro sobre membrana perforada sobre fondo duro	0,2	0,8	0,8	0,8
Placas en madera no compacta 25 mm sobre fondo duro	0,15	0,6	0,6	0,6
Idem 80 mm	0,2	0,7	0,9	0,8
Idem 25 mm en vacío	0,3	0,8	0,9	0,9
Fibra de vidrio 25 mm sobre fondo duro		0,8	0,9	0,8
Idem 50 mm				
Fibra de vidrio 25 mm sobre espacio vacío	0,4			

**ATENCION!!!! DEFIGURÉ LE TABLEAU!!!!**

### 5. Cálculo de la atenuación en campo difuso

- Ver referencia n° 2 abajo.

## **REFERENCES**

1. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp. 114-121.
2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 32-34.
3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp. 64-71.

## FICHA 6

### TIEMPO DE REVERBERACION $T_{60}$ - MEJORAS EN LA ACÚSTICA INTERNA DE UN LOCAL

#### 1. Definición

- El tiempo de reverberación  $T_{60}$  (en segundos) es el tiempo necesario para que el nivel sonoro del campo reverberado (ver Ficha 5) decrezca de 60 dB en el local cuando el ruido es bruscamente interrumpido.
- Esto depende del volumen del local y de la absorción de los materiales que recubren las paredes por la fórmula de Sabine:

$$T_{60} = \frac{0,16 V}{S \bar{a}} \text{ (segundos)}$$

donde  $V$  = volumen del local en  $m^3$ ,

$S$  = la superficie de las paredes, suelo y cieloraso en  $m^2$ ,

$\bar{a}$  = el coeficiente de absorción media.

- Todo como el coeficiente de absorción,  $T_{60}$  varíe en función de la frecuencia.

#### 2. Criterios

- En las oficinas, salones de curso, pequeños talleres, el  $T_{60}$  deben ser:
  - ◊ Idealmente comprendido entre 0,5 y 0,7 s en todas las frecuencias;
  - ◊ En practica, tolerancia de +50% a 125 Hz y +10% a 250 Hz.
- En las empresas:
  - ◊  $T_{60}$  del orden de 1 segundo en todas las frecuencias.

#### 3. Medición del $T_{60}$

- El procedimiento consiste en:
  - ◊ Identificar todos los elementos de la superficie:  $S_i$ ;
  - ◊ Estimar, a partir de las tablas, su coeficiente de absorción a 500 Hz o en todas las frecuencias:  $a_i$ ;
  - ◊ Calcular las «áreas de absorción equivalentes » de cada elemento:  
 $S_i a_i$ ;
  - ◊ Calcular «el área de absorción equivalente total »:  $S \bar{a} = \sum S_i a_i$
  - ◊ Calcular el volumen del local  $V$
  - ◊ aplicar la fórmula de Sabine

$$T_{60} = \frac{0,16 V}{S \bar{a}}$$

- La tabla siguiente es utilizada

Superficies parciales	$S_i$	$a_i$	$S_i a_i$
Cieloraso			
:			
:			

Total	S	-	$\bar{S}a$

- Este cálculo es generalmente poco preciso del hecho de la dificultad de poder predecir la absorción debida a la ocupación del local (máquinas, armarios, ...).

## 6. Mejoras en la acústica interna conociendo el $T_{60}$ existente a 500 Hz o en todas las frecuencias

- Cálculo del volumen: V.
- Cálculo del área de absorción equivalente total real a partir del  $T_{60}$  medido:

$$S\bar{a}_{opt} = \frac{0,16 V}{T_{60mes}}$$

- Cálculo del área de absorción equivalente deseable necesaria para un elemento de superficie (el cieloraso generalmente) susceptible de ser recubierto de un material absorbente suplementario.
- Cálculo del coeficiente de absorción necesario para éste elemento, dividiendo por su superficie.
- Elección del material de absorción

Ejemplo:

◇  $T_{60 \text{ mes } 500 \text{ Hz}} = 1 \text{ segundo}$

◇  $T_{60 \text{ opt } 500 \text{ Hz}} = 0,5 \text{ segundo}$

◇ local  $5 \times 4 \times 3 = 60 \text{ m}^3$

◇ Tenemos:  $S\bar{a}_{real} = \frac{0,16 \cdot 60}{1} = 10 \text{ m}^2$

◇ o cieloraso ( con yeso):  $S = 20 \text{ m}^2$   $a = 0,03$   $Sa_{plafond} = 0,6 \text{ m}^2$

◇ y muro (con yeso):  $S = 54 \text{ m}^2$   $a = 0,03$   $Sa_{mur} = 1,6 \text{ m}^2$

◇ entonces  $Sa_{sol} = 10 - 0,6 - 1,6 \cong 8 \text{ m}^2$

◇ es necesario  $S\bar{a}_{opt} = \frac{0,16 \cdot 60}{0,5} = 20 \text{ m}^2$

◇ entonces  $Sa_{techo} = S\bar{a}_{opt} - Sa_{suelo} - Sa_{muro} = 10 \text{ m}^2$

◇ o  $S_{plafond} = 20 \text{ m}^2$

◇ entonces  $a_{plafond \text{ 500 Hz}} = 10/20 = 0,5$

◇ Escoger material: placa de madera no compacta

## REFERENCIA

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 32-38, et Chap. X., p. 145.

## FICHA 7

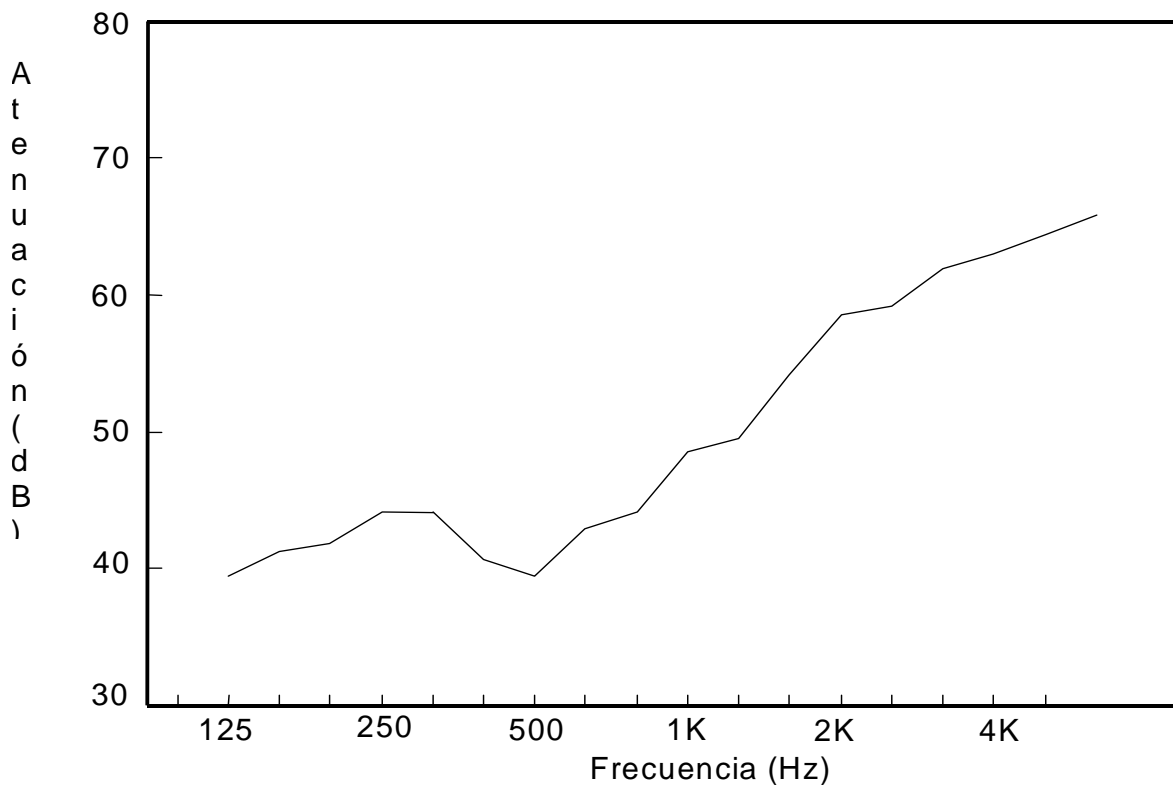
### AISLAMIENTO ACÚSTICO (MATERIALES AISLANTES)

#### 1. Definición

- Un material aislante impide al ruido pasar de un local al otro.
- El aislamiento entre dos locales es la atenuación del ruido de un local al otro. El varía en función del conjunto de la estructura y de todos los materiales que separan los dos locales.
- La atenuación acústica es una característica intrínseca de un material.

#### 2. Atenuación de un material en una pared de mínimo espesor

- Típicamente la atenuación ( R ) varía en función de la frecuencia según la figura siguiente:



- Ella es normalmente más importante en los sonidos agudos que en los sonidos graves.
- Con una caída en la frecuencia « crítica » característica del material.
- El tamaño de la atenuación a 500 Hz :
  - ◇ Alrededor de 40 dB para una pared de 100 kg/m<sup>2</sup>;
  - ◇ Aumenta 4 dB si se dobla el peso;
  - ◇ Aumenta 4 dB si se dobla la frecuencia.

#### 3. Tipos de materiales aislantes en pared simple

- Materiales pesados (cemento pesado)

- ◇ Con un peso por m<sup>2</sup> y con una atenuación elevada,
- ◇ Con una frecuencia crítica baja y por consecuencia una caída de atenuación **atenuacion** poco molesta.
- Materiales semipesados (ladrillos, pero sobretodo el yeso)
  - ◇ Con un peso por m<sup>2</sup> y por tanto una atenuación mediana;
  - ◇ Con una frecuencia crítica cerca de los 500 Hz y con una caída de **atenuacion** tal que la voz humana es menos atenuada.
- Materiales livianos (madera, ladrillos huecos, vidrio, ...)
  - ◇ donde el peso por m<sup>2</sup> y donde el **atenuacion** es muy débil.

#### 4. Paredes dobles

- Paredes constituidas de dos capas lo mas despegadas posibles.
- Permitiendo obtener atenuacions tanto o mas importante que una pared simple en cemento.
  - Ejemplo: dos placas de yeso espaciadas 10 cm.
- El efecto es susceptible de ser arruinado si las dos placas son pegadas por soportes rígidos (puente acústico).

#### 5. Pérdida de atenuacion por des ranuras, huecos, ...

- **Fenómeno:**
  - ◇ Un hueco o una ranura deja pasar toda la energía sonora incidente;
  - ◇ Un material que atenúa dB, deja pasar 1/10.000 de la energía sonora incidente;
  - ◇ Un hueco de superficie S deja pasar tanto de ruido como un material d'atenuacion 40 dB y de superficie 10.000 S;
  - ◇ También,, un hueco de 1 dm<sup>2</sup> deja pasar tanto de ruido como un material 40 dB y de 100 m<sup>2</sup> de superficie;
  - ◇ La atenuación de materiales acústicos con un simple hueco es tan grande como el tamaño del hueco.
  - ◇
- **Recomendaciones:**
  - ◇ Es necesario suprimir o reducir al mínimo los huecos, las ranuras, las aberturas o los elementos de débil **atenuacion**:
    - \* Los orificios en las cubiertas;
    - \* Los pasajes de canalización, en particular los canales de ventilación;
    - \* Las cajas eléctricas;
    - \* Las ranuras alrededor de las puertas y ventanas;
    - \* Los espacios detrás los marcos de las puertas;
    - \* ...
  - ◇ Es necesario entonces supervisar los terminados del local;
  - ◇ Esas ranuras y huecos deben ser taponados con materiales aislantes (cemento, yeso, ...) y no con materiales absorbentes.

#### 6. Diferencia entre atenuacion y aislamiento

- El aislamiento entre dos locales es función :
  - ◇ Del atenuacion de los materiales de la pared comunal;

- ◇ De aquellos materiales de las paredes laterales;
- ◇ De las superficies de esas paredes laterales y de la pared comunal;
- ◇ Del tipo de retoque entre esas paredes;
- ◇ De la homogeneidad de las superficies: presencia de puertas, aberturas, huecos, elementos débiles, ...

## 7. Mejoras del aislamiento acústico

- En caso de aislamiento acústico insuficiente entre dos locales, las acciones prioritarias son:
  1. Buscar las ranuras, huecos, elementos débiles y taponarlos;
  2. Actuar sobre la pared comunal.
- La tabla de abajo muestra las ventajas aproximadas en dB, resultantes de diferentes acciones sobre una pared dada, constituida por ejemplo de dos placas en yeso de 20 mm de espesor separados 5 cm:

Mejoras	Ganancia en dB
espesor doble 1 lado	+3
espesor doble 2 lados	+5
fijación elástica 1 lado	+6
fijación elástica 2 lados	+10
compartimentos independientes	+10
absorción en la cavidad	+5

Regla de mejoras acumulativas: número el más grande =  $\frac{1}{2}$  suma de los otros

## 8. Vidrios simples y dobles

- El vidrio simple es de peso por m<sup>2</sup> muy débil (espesor 3 a 5 mm ) que para dar disminuciones superiores a 30 dB (à 500 Hz).
- El vidrio doble térmico ofrece pocas ventajas del hecho de un espesor del espacio intermediario limitado a 10 à 12 mm.
- Los bastidores, el peso total y la hermeticidad de los vidrios dobles son sin embargo mayores cuando los aislamientos acústicos son mejores.
- Un aislamiento importante será obtenido por un vidrio sobrepuesto, es decir., dos bastidores simples espaciados de 10-15 cm para constituir una pared doble.
- Los vitrales acústicos especiales con igualmente disponibles.

## REFERENCIAS

1. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp 106-113.
2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 30-31
3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp 94-103.

## FICHA 8

# REDUCCION DE LA TRANSMISION DE LAS VIBRACIONES (MATERIALES RESILIANTES)

### 1. Problema

- Las vibraciones de una maquina son transmitidas a una **chapa** o a una pared (suelo, muro, ...) que vibra e irradia en ruido.

### 2. Materiales resiliantes

- Esos materiales son destinados a bloquear la transmisión de las vibraciones.
- Se trata por orden de eficacia creciente:
  - ◇ De fieltro,
  - ◇ De corcho,
  - ◇ De caucho,
  - ◇ De resorte,
  - ◇ De cojines de aire,

Presentados en forma de bloques («**silent blocks**»), de tapete, o de recubrimiento de cemento (baldosa flotante: ver estabilidad abajo).

### 3. Resonancia

- Esos materiales **AGRAVAN** la transmisión alrededor de una frecuencia dicha de resonancia  $f_0$  quien es función:
  - ◇ Del peso de la máquina;
  - ◇ De las características del material.
- Ellos atenúan la transmisión mas allá de  $1,4 f_0$ .
- Entonces, es necesario escoger el material en función:
  - ◇ Del peso de la máquina,
    - \*  $f_0$  disminuye si el peso aumenta esperando que el material resiliente no sea totalmente aplastado;
  - ◇ de las frecuencias de las vibraciones a bloquear,
    - \*  $f_0$  debe ser idealmente 2 a 4 veces más liviano.

### 4. Estabilidad

- Cuando  $f_0$  es muy liviana, la máquina tiene un riesgo de ser inestable.
- Se prefiere entonces subirla
  - ◇ Sobre un zócalo de cemento (aumentando la masa y disminuyendo el centro de gravedad),
  - ◇ O sobre un tapete resiliente (resortado, corcho, ...).
- En ciertos casos, materiales resiliantes deben ser instalados
  - ◇ No solamente debajo de la maquina en el eje principal de vibración,
  - ◇ Pero, también lateralmente. En los ejes secundarios.

### 5. Amortiguadores

- Los amortiguadores no deben ser confundidos con los materiales resiliantes. Ellos de hecho aumentan las transmisiones pero reducen los movimientos

peligrosos cuando las frecuencias de vibración están cerca de la frecuencia de resonancia (por ejemplo al arranque de un ventilador).

## 6. Eficacia real

- Un sistema anti-vibratorio es inútil si:
  - ◇ El material resiliente es completamente aplastado (esto es más fácil de ocurrir con uno de resorte que con un tapete de caucho);
  - ◇ Existen conexiones rígidas entre la máquina y el exterior (conductos de agua, de aire, de electricidad, ...);
  - ◇ Existen restos acumulados cerca de los zócalos, produciendo cortocircuito del material resiliente;
  - ◇ El material se ha dañado muy rápido (ejemplo: caucho a altas temperaturas, corrosión por ozono, ...).

## 7. Propagación de las vibraciones hacia el local inferior

- **Revestimientos resilientes** sobre el suelo:
  - ◇ Baldosas de vinilo, ganancia nula;
  - ◇ 2,5 mm linóleoum, ganancia leve;
  - ◇ 6 mm linóleoum sobre corcho, ganancia mediana;
  - ◇ Alfombra, ganancia importante.
- **Baldosa o plancha flotante**
  - ◇ Baldosa de cemento (6 cm por ejemplo) o de asfalto puesto sobre un colchón resiliente como la lana mineral especial;
  - ◇ Plancha colocada sobre un colchón resiliente;
  - ◇ Ninguna unión entre la baldosa y la obra gruesa (puentes acústicos).
- **Cieloraso liviano**
  - ◇ Placas de madera puestas sobre camas, aislamiento malo ;
  - ◇ Mejoramiento progresivo sí
    - \* Material más pesado (placa de yeso);
    - \* Falso techo suspendido, doble pared;
    - \* Material absorbente en el vacío techo- falso techo.

## REFERENCIAS

1. Brüel & Kjaer (1983) Réduction du bruit. Principes et pratique. pp 76-101.
2. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 31-32.
3. Occupational Safety and Health Administration (1980) Noise control. A guide for workers and employers. U.S. Department of Labor, pp 82-93.

## **FICHA 9**

### **RUIDOS DE IMPACTO**

#### **1. Definición**

- Aumento brutal a más de 140 dB del nivel sonoro instantáneo:
  - ◊ Ruido impulsivo: disparo con arma de fuego, explosión en campo libre,
  - ◊ Ruido de impacto: golpe de martillo, troquelado, estampado con resonancia del producto u de la máquina y reverberación en el local.

#### **2. Características**

- Nivel sonoro máximo instantáneo (de cresta), medido en dB (no en dB(A)).
- Número de impactos por día o por unidad de tiempo.

#### **3. Medición**

- Sonómetro tipo I con modo « PEAK »,
  - ◊ Constante de respuesta: 0,1 ms,
  - ◊ unidad: dB.
- A falta: sonómetro tipo II o I en modo « FAST »,
  - ◊ Añadir 30 dB al valor de punta leído en orden de magnitud.

#### **4. Protección contra los ruidos de impacto**

- Materiales resiliente (ver FICHA 8) para amortiguar los choques cuando hay caída de objetos.
- Inclinar la placa sobre la cual el objeto cae de manera a reducir la discontinuidad de movimiento del objeto.
- Silenciadores sobre las escape de gas y sobre los chorros de aire.
- Evitar escape de gas o chorro de aire perpendicular a una superficie.
  - ◊ Volver el chorro oblicuo con relación a la superficie.

#### **REFERENCIA**

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 17-19

## FICHA 10

### MEDIOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (MPI)

#### 1. Tipos

- Algodones: Algodón ordinario,  
Fibras de vidrio.
- Tapón:       premoldeados: a la talla para adaptar al conducto,  
                  moldeables: espuma semi-porosa,  
                  moldeable individualmente según impresión del conducto.
- Coquillas con casco.
- Las atenuaciones teóricas en general no se verifican nunca a razón de la mala colocación de los MPI.

#### 2. Elección

- Escoger los MPI no por ser el más eficaz en teoría pero sí por:

- ◇ Ser el más aceptado y
- ◇ Usado por más largo tiempo,
- ◇ porque

si usado por día durante	atenuación en dB(A)
30'	0,2
1 h	0,6
2 h	1,2
4 h	3
6 h	6
7 h	9
7 h 30'	12

- La atenuación teórica de los MPI en la práctica tiene **poca** importancia , la atenuación es de al menos 10 à 15 dB (de donde la facilidad de empleo).

#### 3. Criterios de elección por orden de prioridad

- **Ningún peligro** en la persona y conforme a la directiva europea 89/686, 1989.
  - **Características** del trabajador:
    - ◇ Anomalías de la oreja,
    - ◇ Morfología del canal auditivo,
    - ◇ → Rechazar los tapones premoldeados de tamaño fijo.
  - **Compatibilidad** con otros MPI (casco, mascarar, ...).
  - **Facilidad de empleo:**
    - ◇ Fácil para colocar, no voluminoso;
    - ◇ Tapones ligados por un cordón y no con diadema rígida porque el frote de la diadema con el vestido genera ruido;
    - ◇ Casco alrededor del cuello pues las coquillas no son utilizado todo el tiempo por molestia con los movimientos de la cabeza;
    - ◇ Cojines porosos en las coquillas para dejar pasar la transpiración , espuma + película plástica suave y perforada.
  - **Estética:** Colores, formas.

- **Características del ruido:**
  - ◇ Continuo: Tapones son mejor tolerados por largo tiempo;
  - ◇ variable: coquillas,
  - ◇ intermitente: Tapones moldeados con casco.
- **Ambiente**
  - ◇ Calor y humedad: Tapones,
  - ◇ Polvo: Tapones desechables.
- **Niveles sonoros**
  - ◇ < 100 dB(A): no importa cualquiera puede ser usado,
  - ◇ > 100 dB(A): coquillas (ruido intermitente).
- **Lucha contra la sobreprotección, porque**
  - ◇ Inconfort físico,
  - ◇ Interferencia con la comunicación,
  - ◇ Interferencia con el trabajo.

#### 4. Recomendaciones para la utilización

- Información a los trabajadores sobre:
  - ◇ Evolución de su sordera y consecuencias sobre el plan social;
  - ◇ Posibilidades de prevención, insistiendo en el tiempo de uso,

##### problemas frecuentes

- \* Molestos, enervantes, irritantes
- \* Dolor de cabeza
- \* transpiración en la oreja
- \* aire ridículo
- \* « El ruido hace parte de la profesión »
- \* « uno se habitúa »
- \* interferencia con la comunicación

##### causas/remedios

- mal adaptados
- presión muy fuerte
- cojines absorbentes
- vigilar la estética
- educación
- habitué = sordera
- MPI muy eficaz

#### 5. Precauciones de utilización

- **Tapones:**
  - ◇ No de metal (riesgo de heridas);
  - ◇ No de material que pueda depositarse en el conducto auditivo;
  - ◇ No de material alérgico;
  - ◇ Colocado con las manos limpias → posibilidad de lavarse las manos los tapones son reutilizables, lavarlos con agua jabonosa y jugar;
  - ◇ La elección dejarla al portador pero al comienzo examen de l oído con una persona calificada, para verificar el estado del oído: infección cerumen, cuerpos extraños,...;
  - ◇ No tapones si sujetos operados o portadores de drenes en el tímpano (otitis);
  - ◇ Colocación correcta a controlar (especialmente tapones con casco).

- **Coquillas:**

- ◇ Menos problemas de utilización que con los tapones.
- ◇ Cojines no alérgicos y que absorban la transpiración;
- ◇ Sin partes metálicas sí irradiación electromagnética importante;
- ◇ Cojines limpios: limpieza regular;
- ◇ Poco voluminosos: interferencia con los otros MPI;
- ◇ Luchar contra la sobreprotección:
  - \* Evitar coquillas pesadas. Espesas, herméticas, envolviendo toda la oreja con fuerte presión sobre la cabeza
    - ◆ Muy eficaz en teoría,
    - ◆ Pero no usadas por ser incómodas.

## REFERENCIA

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 133-144

## FICHA 11 ESTRATEGIA DE MEDICION

### 1. Objetivos

- Evaluar con precisión el nivel de exposición personal.
- Determinar el riesgo individual de sordera (ver FICHA 14).

### 2. Sobre quién medir ?

- Agrupar los trabajadores quienes
  - ◊ Sobre un intervalo de tiempo suficientemente largo (**intervalo de estacionaridad IS**)
  - ◊ Presenten una **exposición al ruido idéntica ( grupos homogéneos de exposición GHE )**.
- Los trabajadores constituyen un GHE no realizando necesariamente actividades idénticas ni al mismo momento.
- La muestra debe llevarse en un número  $N_S$  de trabajadores del GHE, dado por la tabla siguiente en función del tamaño del GHE.

Tamaño GHE	$N \leq 6$	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50
$N_S$	$N_S=N$	6	7	8	9	10	11	12	14

### 3. Cuándo medir ?

- Tomar , para cada uno de los  $N_S$  trabajadores,  $N_e$  muestras de ruido de duración  $\Delta t$ , repartidas aleatoriamente sobre el intervalo de estacionaridad.
- En practica,
  - ◊  $\Delta t$  de 10 a 30 minutos según las condiciones de trabajo,
  - ◊  $N_e = 3$ .

### 4. Cómo medir ?

- El procedimiento depende del tipo de puesto de trabajo:
  - ◊ Puesto de trabajo fijo: método zonal con un sonómetro integrador situado cerca de la oreja del trabajador;
  - ◊ Desplazamiento del trabajador: método ambulatorio con un sonómetro integrador llevado por los trabajadores (exposímetro);
  - ◊ Trabajador con herramienta en la mano: método ambulatorio con exposímetro.
- Ver FICHAS 12 y 13 sobre los aparatos y técnicas de medición.
- **Interpretación:** ver referencia abajo, paginas 94 a la 104.

### REFERENCIA

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 81-104

## FICHA 12 APARATOS DE MEDICION

### 1. Micrófono: Criterios de elección

- Talla de ½ pulgada de diámetro.
- Sensibilidad cerca de 10 mV para 94 dB a 1000 Hz.
- Gama dinámica de los niveles sonoros: 30 a 150 dB(A).
- Gama de frecuencias: 20 a 20 kHz.
- Tipo campo difuso.

### 2. Sonómetro clásico para la medición del nivel sonoro instantáneo

- **Tipo**
  - I Más preciso, más costoso, posibilidades más diversas
  - II Utilización corriente
- **Amortiguación:**
  - ◇ modo « SLOW »: media sobre 2 segundos;
  - ◇ modo « FAST »: media sobre 0,2 segundos;
  - ◇ modo « PEAK »: media sobre 0,1 milisegundos.
- **Filtro de ponderación:**
  - ◇ linear 20-20 kHz para ruido de impacto;
  - ◇ A ruido tal como se escucha: nivel sonoro de exposición;
  - ◇ C poco utilizado.
- **Calibración:**
  - ◇ Antes y después de cada medición;
  - ◇ Calibración generalmente en 94 dB(A) a 1000 Hz.
- **Posición:**
  - ◇ En campo difuso: inclinar a 70° con relación a la fuente  
Preponderante para medir de la misma manera el campo directo y el campo difuso.
- **Viento (polvo):**
  - ◇ Bola de protección en espuma que reduce el ruido parásito del viento sobre el micrófono y protege el micrófono.
- **Salidas:**
  - ◇ AC: para la conexión a un registro magnético;
  - ◇ DC: para la conexión a un registro gráfico.

### 3. Sonómetro integrador

- Para la medición del **nivel equivalente**.
- $N_{Aeq}$  en dB(A) (nivel continuo que, en el mismo tiempo, dará la misma energía acústica que el ruido estimado).
- Mismas características que el sonómetro clásico.
- Medición del  $N_{Aeq}$  sobre un periodo variable (START, STOP):
  - ◇ evitar los sonómetro integradores midiendo  $N_{Aeq}$  en un tiempo fijo de , por ejemplo, 60 segundos.

### 4. Exposímetro

- Sonómetro integrador llevado con micrófono separado a colocar a nivel de la oreja del trabajador, a el casco o al cuello.
- Memorización del  $N_{Aeq}$  sobre los incrementos de tiempo programables de 0,1 a 1 ... 60 segundos.
- Permite de trazar el perfil de evolución del  $N_{Aeq}$  al curso del tiempo para la determinación de las fases las más peligrosas o nocivas.
- Permite calcular la **dosis** correspondiente a cada una de las fases, por

$$\text{dosis} = K \cdot \frac{\Delta T}{480}$$

dónde K esta dada en la tabla siguiente:

$N_{Aeq}$ dB(A)	70	80	83	86	90	92	93	96	99
K	1	10	20	40	100	150	200	400	800

Ejemplo: 93 dB(A) durante 2 horas por día  $\rightarrow$  dosis =  $200 \frac{120}{480} = 50$

## 5. Fuente patrón

- Origen del ruido de referencia indispensable para calibrar los aparatos de medición: habitualmente de 94 dB(A) à 1000 Hz.

## 6. Elección del aparato

### • Indispensable

- ◇ Fuente patrón,
- ◇ Sonómetro ordinario « SLOW », « FAST », 30 a 140 dB(A), Escalas lineares en dB(A) de 40 dB con cubrimiento de las gamas  
Ejemplo: 30-70, 60-100, 80-120, 100-140 dB(A).

### • De preferencia

- ◇ Sonómetro integrador:  $N_{Aeq}$  tiempo cualquiera,
- ◇ Exposímetro: gama de 40 a 120 .... 150 dB(A).

### • Para los expertos

- ◇ Aparatos especiales para la medición del tiempo de reverberación y de los análisis de frecuencias.

## REFERENCIAS

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, pp. 39-52

## FICHA 13 TECNICAS DE MEDICIÓN

### 1. Determinación de:

- Cuando hacer la medición: momento aleatorio durante el intervalo de estacionaridad (FICHA 11)
- Medición del nivel instantáneo o del nivel equivalente
  - ◊ Tiempo de medición:  $\Delta t$  15-30 minutos (FICHA 11)
- Colocación :Puesto de trabajo

### 2. Elección del aparato

- Ruido instantáneo: sonómetro ordinario « SLOW » en dB(A).
- Ruido de impacto: sonómetro con modo « PEAK » en dB. (FICHA 9)
- Nivel equivalente: sonómetro integrador o exposímetro.

### 3. Verificación del buen funcionamiento

- Estado de las pilas.
- Micrófono.
- ...

### 4. Calibración inicial con fuente patrón

- Ajuste del aparato.

### 5. Posición del aparato

(FICHA 12)

- Fijo: Sonómetro ordinario o integrador cerca de la oreja del trabajador
- Ambulatorio: exposímetro llevado por el trabajador.

### 6. Medición durante el periodo $\Delta t$

### 7. Calibrage al final de la medición

- Sí variación superior a 1 dB con relación al valor de la calibración inicial: Eliminar estas mediciones.

### 8. Interpretación

- Sonómetro ordinario:
  - ◊ Gama de variaciones en modo « SLOW »;
  - ◊ Valor medio.
- Sonómetro integrador y exposímetro:
  - ◊  $N_{Aeq}$ ;
  - ◊ Cálculo de  $N_{EP} = N_{Aeq} + 10 \log H/40$ ,
    - \* Dónde  $N_{EP}$  es el nivel de exposición personal: nivel continuo quien sobre una tiempo de 40 horas por semana daría la misma exposición(desde el punto de vista energía sonora) que la exposición real así el trabajador dure o no 8 horas por día y 5 días por semana.

\* Dónde H es el tiempo de trabajo (en horas) por semana para la cuál  $N_{Aeq}$  es representativo

◇ o  $N_{EP} = N_{Aeq} - K$   
con

Tiempo por semana H (horas)	1	2	4	8	12	16	20	24	32	40
K	16	13	10	7	5	4	3	2	1	0

◇ ese cálculo puede ser realizado por medio del programa NEP.EXE dado con este documento.

- Ruido de impacto

- ◇ Sonómetro en modo « PEAK »: valor leído;

- ◇ Sonómetro en modo « FAST »:valor leído + 30 dB, a título indicativo.

## REFERENCE

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. III., pp. 39-52.

## FICHA 14 EVALUACION DEL RIESGO DE SORDERA

### 1. Parámetros que van a influenciar el riesgo de sordera

- Edad del sujeto (desarrollo de la presbiacusia).
- Nivel de exposición personal  $N_{EP}$  en la vida profesional.
- Tiempo de exposición (en años) con ése nivel equivalente  $N_{EP}$ .
- Sensibilidad del trabajador, función de sus características propias.
- Esta sensibilidad es definida cuantitativamente por el porcentaje de personas
  - ◊ De la misma edad,
  - ◊ Que hayan sido expuestas al mismo número de años al mismo  $N_{EP}$ ,
  - ◊ Quienes presentarían pérdidas auditivas inferiores a aquellas soportadas por el sujeto.

Ejemplo: sensibilidad de 80%: sujetos con alto riesgo.

### 2. Deficiencia auditiva media: P

- La deficiencia esta definida como la elevación media de los límites de percepción auditiva a las frecuencias 1000, 2000 y 3000 Hz.

Ejemplo:  $P_{1000\text{Hz}} = 32 \text{ dB}$ ,  $P_{2000\text{Hz}} = 35 \text{ dB}$ ,  $P_{3000} = 45 \text{ dB}$  →  $P = 37 \text{ dB}$

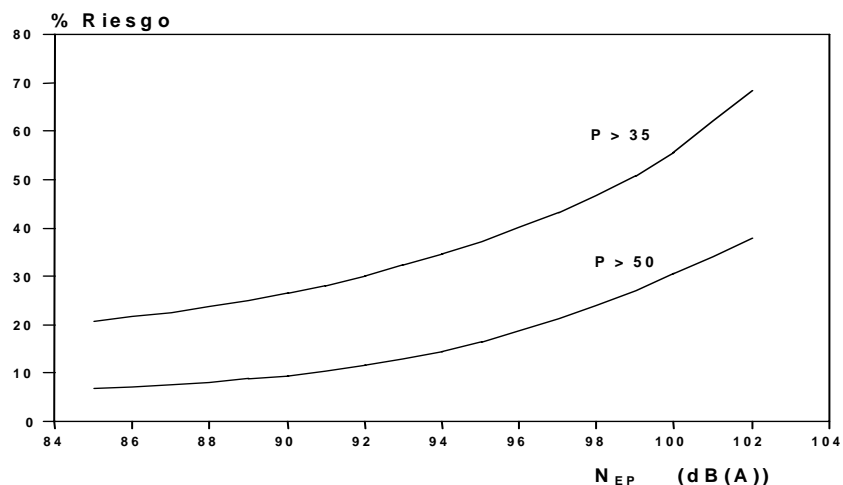
### 3. Criterios de sordera

- Discapacitado auditivo (dificultad en la vida cotidiana: conversación, teléfono, TV, ...),
  - ◊ Desde que el déficit medio P es superior de 35 dB.
- Invalidez (interferencia con las posibilidades de trabajar),
  - ◊ Desde que P es superior de 50 dB en el mejor oído.
- Tabla indicativa de invalidez.

P (dB)	Tasa de invalidez (%)
50 à 55	1 à 5
55 à 65	5 à 10
65 à 75	10 à 30
75 à 85	30 à 55
85 à 100	55 à 80

### 4. Riesgo de sordera (discapacidad e invalidez)

- **Definición:** Porcentaje de la población quien , **a los 60 años, en las mismas condiciones** de exposición al ruido (tiempo,  $N_{EP}$ ) que el trabajador considerado desarrollará una deficiencia auditiva media a 35 dB (discapacidad) o 50 dB (invalidez).
- La figura siguiente dará ese riesgo en función de  $N_{EP}$  a 60 años después de 40 años de exposición:



En particular

N <sub>EP</sub> (dB(A))	Riesgo de discapacidad (%)	Riesgo de invalidez (%)
85	20	6
90	25	10
95	35	15

## 5. Predicción del riesgo de discapacidad e/o de invalidez

- Cálculo autorizado si las estimaciones precisas son disponibles para
  - ◇ La edad,
  - ◇ Los N<sub>EP</sub> sucesivos,
  - ◇ Los tiempos de exposición de esos N<sub>EP</sub>.
- Utilización del programa ISO1999.EXE elaborado según la modelización de la norma ISO1999:
  - ◇ Introducir . sexo,
  - . secuencias de edad, tiempo de exposición, N<sub>EP</sub>,
  - . deficiencia auditiva media;
  - predicción .de las pérdidas auditivas en las diferentes frecuencias,
  - . para las sensibilidades de 5 a 95%;
  - determinación de la sensibilidad aparente del sujeto concerniente;
  - predicción a una edad dada, de la deficiencia auditiva media si las condiciones de exposición actuales quedan incambiables;
  - predicción de la edad a la cual los niveles de discapacidad e invalidez serán eventualmente esperados si las condiciones de exposición actuales permanecen incambiables.

## REFERENCIAS

1. Fonds des Maladies professionnelles (1995) Critères de diagnostic, d'indemnisation et d'écartement en matière d'hypoacousie professionnelle par traumatisme sonore chronique. Bruxelles, pp. 28
2. ISO 1999 (1990) Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
3. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. VIII., pp. 119-122.

## FICHA 15 VIGILANCIA MÉDICA

### 1. Objetivos

- Sea para determinar el grado de sordera esperado para una eventual compensación: **Programa de Diagnóstico precoz de los Sordos (PDS)**.
- Sea para determinar la sensibilidad individual al ruido y el riesgo de sordera de cada trabajador lo más tempranamente posible para así poder prevenir la sordera : **Programa de Conservación de la Audición (PCA)**.

### 2. Características esenciales de los programas de conservación de la audición (PCA) y de diagnóstico precoz de los sordos (PDS)

criterio	PCA	PDS
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir la evolución de cada trabajador</li> <li>• Rastrear aquellos que corren el riesgo de adquirir una discapacidad o una invalidez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar los trabajadores que presentan pérdidas superiores al límite de invalidez</li> </ul>
Cuales trabajadores?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetos no enfermos pero susceptibles a serlo.</li> <li>• Jóvenes expuestos, después de poco tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetos enfermos</li> <li>• Ancianos ,expuestos desde hace mucho tiempo.</li> </ul>
Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa sonométrico completo</li> <li>• N<sub>EP</sub> para cada trabajador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple clasificación &lt; 85, 85-90, &gt; 90 dB(A)</li> </ul>
<b>Programa de audiometrias</b>		
Fin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolución de las pérdidas leves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superación de un límite elevado</li> </ul>
Frecuencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250, 500 Hz, 1, 2, 3, 4, 6, 8 kHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1, 2, 3 kHz</li> </ul>
procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riguroso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riguroso</li> </ul>
Ruido de fondo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leve: cabina necesaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• menos importante</li> </ul>
programación diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar las pérdidas temporales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• menos importante</li> </ul>
interpretación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilidad individual</li> <li>• Predicción del riesgo individual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superación del límite de invalidez</li> </ul>

### 3. Audiometrías

- **Tonal**

- ◇ Opción . Por vía ósea, audiometría vocal, enmascarando ...
  - . desventajas: costoso;
  - . Reservado a los exámenes ORL rigurosos.

- **Tipo**

- ◇ Manual: Operador, examen adaptado a las circunstancias, 4 - 8 minutos;
- ◇ Automático: Operador, examen no adaptado (no aconsejado);
- ◇ Guiado por computadora: costoso, automático, archivado directamente ;

- **Gama de frecuencias**

- ◇ PDS: mínimo, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz;
- ◇ PCA: mínimo, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz.

- **Gama dinámica**

- ◇ Ajustable hasta - 10 dB audición mejor que lo normal;
- ◇ Ajustable hasta 100 dB mediciones de pérdidas auditivas;

- **Audífonos**

- ◇ Partes integrantes, no intercambiables, no permutables del audiómetro.

### 4. Calibración del audiómetro (ISO 6189)

- **Control de audífonos**

- ◇ Todos los días,
- ◇ Por operador con audición normal y estable,
- ◇ Reparación de las distorsiones, ruidos parásitos en los cambios, en todas las frecuencias, en tres niveles.

- **Control subjetivo de calibración**

- ◇ Todas las semanas,
- ◇ Examen audiométrico de un sujeto establecen deficiencia auditiva < 25 dB,
- ◇ Revisar si, diferencia de > 10 dB con relación a los exámenes anteriores.

- **Test eléctrico acústico**

- ◇ Todos los 3 meses por especialistas,
- ◇ Mediciones de las frecuencias y amplitudes exactas a 70 dB,
- ◇ Revisar si diferencias > 3% o 3 a 5 dB con relación a las frecuencias,
- ◇ Test adaptados en pareja a los audífonos.

- **Calibración competitiva**

- ◇ Todos los 2 años por especialistas,
- ◇ Y más . distorsión armónica,
  - . linealidad,
  - . precisión de los potenciómetros de ajuste.

- **Mantenimiento de los audífonos**

- ◇ Arreglados,
- ◇ Cables, conectadores,
- ◇ Cojines: desinfectados (UV).

## 5. Condiciones acústicas de los tests

- Un ruido ambiental muy elevado
  - ◊ Falsas evaluaciones de las pérdidas leves;
  - ◊ No falsea la evaluación de las pérdidas importantes.
  
- Niveles máximos de ruido ambiental para la conducción de los test de audiometría:

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
125	45	48	3	12	60	50
250	25.5	32	5	18	50	40
500	11.5	11	7	27	38	28
1000	7	8	15	34	42	32
2000	9	6	26	36	42	32
(3000)	10	(7)	(31)	41	48	38
4000	9.5	8	32	39	47	37
(6000)	15.5	(10)	26	37	47	37
8000	13	15	24	31	46	36

- (1) Frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava (Hz)
- (2) Límites de audición según ISO 6189 (dB)
- (3) Niveles máximos del ruido en las bandas de tercio de octava, permitiendo la medición de 0 dB de pérdida, sin estar cubiertas las orejas, según ISO 6189
- (4) Atenuación media de los audífonos en dB, según ISO 6189
- (5) Atenuación media con las coquillas en dB
- (6) (3) + (5)
- (7) Nivel máximo en el local del test (dB)

- Si el ruido ambiente es muy elevado, los exámenes de audiometría requieren:
  - ◊ Coquillas especiales de protección,
  - ◊ O una cabina para audiometrías prefabricada.

## 6. Preparación del test

### • Anamnesis:

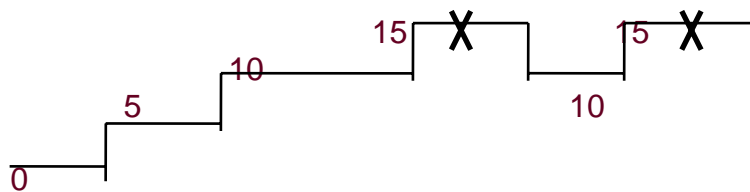
- ◊ Antecedentes de sordera en la familia;
- ◊ Enfermedades ORL en la infancia;
- ◊ Traumas craneales;
- ◊ Sensación de silbidos (acúfenos), sordera, confusión;
- ◊ Medicamentos consumidos;
- ◊ Actividades militares;
- ◊ Pasatiempos ruidosos (tiro al blanco, música, ...);
- ◊ Walkman, bailarines, conciertos ...;
- ◊ Empleos ruidosos anteriores: niveles, tiempo;
- ◊ Empleo actual:
  - . Uso de los MPI.

### • Examen otológico:

- ◊ Presencia de tapón de cerumen.

## 7. Instalación del sujeto e realización del test audiométrico

- Silla confortable, inmóvil, silenciosa.
- Superficie frontal neutra:
  - ◊ Sin ver al operador.
- Botón de control para responder SI - NO Desde que él PERCIBE el sonido Y (no cuando es "escuchado").
- Demostración sin los audífonos por el operador con palabras familiares.
- Colocación de los audífonos por el operador (retirar: anteojos, aretes, cabello, ....).
- Test propiamente dicho:
  - ◊ método ascendente



- ◊ Orden de presentación de los sonidos puros:
  - \* 1, 2, 3, 4, 6, 8, ... 1, 500, 250 Hz a la derecha
  - \* 250, 500, 1, 2, 3, 4, 6, 8 a la izquierda;
- ◊ Cambiando el ritmo, el tiempo, las interrupciones ...;
- ◊ Tiempo óptimo: 4 - 8 minutos,  
Si el test es muy largo: fatiga, laxitud, disminución de la precisión.

## 8. Fuentes de error

- Mala calibración del audiómetro.
- Ruido ambiente muy elevado ( influencia en las pérdidas leves).
- Mala colocación de los audífonos.
- Grado de familiaridad del sujeto.
- Diferencia entre "percibir" y "escuchar".
- Método ascendente y descendente.
- Nerviosismo, fatiga.
- Falta de colaboración.

## 9. Programación diaria

- Si  $N_{EP} < 90$  dB(A): después de 30 minutos de recuperación,  
90 -100 dB(A): Después de 16 horas de recuperación,  
> 100 dB(A): Después de 2 días de recuperación.
- Uso de medios de protección momentáneos (cosquillas) el día (y la víspera) del test.

## 10. Programación de los exámenes audiométricos

- Legalmente:
  - ◊ si  $N_{EP} > 85$  dB(A) e/o pico > 140 dB,
    - \* examen de ingreso,
    - \* examen después 12 meses,
    - \* Examen todos los 3 años.

- ◇ si  $N_{EP} > 90 \text{ dB(A)}$  e/o pico  $> 140 \text{ dB}$ ,
  - \* demás: examen todos los años.
- En practica:
  - ◇ Examen rápido según la legislación;
  - ◇ Examen riguroso según la tabla abajo.
  - ◇

Antigüedad	Clase $N_{EP}$		
	$\leq 94 \text{ dB(A)}$	94 - 99 dB(A)	$\geq 100 \text{ dB(A)}$
< 5 años	2 años	1 año	6 meses
5 - 20 años	3 años	2 años	1 año
> 20 años	4 años	3 años	2 años

## REFERENCIAS

1. ISO 6189 (1983) Acoustique - Audiométrie liminaire tonale en conduction aérienne pour les besoins de la préservation de l'ouïe. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
2. ISO 389 (1985) Acoustique - Zéro normal de référence pour l'étalonnage des audiomètres à sons purs en conduction aérienne. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
3. ISO 1999 (1990) Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit. Organisation internationale de Normalisation, Genève.
4. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. VII., pp. 105-118.
5. NF S31-081 (1981) Acoustique - Audiométrie liminaire tonale de dépistage en conduction aérienne des personnes exposées professionnellement au bruit. Association française de Normalisation.
6. NF S31-082 (1985) Acoustique - Seuil normal d'audition par conduction aérienne en fonction de l'âge et du sexe pour les personnes otologiquement normales. Association française de Normalisation.

## **FICHE 17**

### **METODO ESTADISTICO DE EVALUACION**

- Esta técnica se dirige esencialmente a los expertos y a los especialistas particularmente capacitados en los aspectos estadísticos. Ella no será descrita aquí.

#### **REFERENCIA**

1. Malchaire J., Piette A. (1997) A comprehensive strategy for the assessment of noise exposure and risk of hearing impairment. *Ann. occup. Hyg.*, 41, 4, 467-484.
2. Malchaire J., (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. VI, pp. 81-104.

## FICHA 17 CRITERIOS DE CONFORT ACUSTICO

### 1. Confort interior

- Con respecto a las **fuentes de ruido internas** al local, **ligadas a las actividades**
  - ◊ Oficinas: Tiempo de reverberación a 500 Hz entre 0,5 y 0,7 segundos;
  - ◊ Industria:  $T_{60}$  del orden de 1 segundo. (FICHA 6)
- Con respecto a las **fuentes de ruido**:
  - \* Internas **no ligadas** a las actividades (ej.: ventilación);
  - \* **externas**: tráfico, vecinos, ascensores, ...
  - ◊ Especificación del ruido de fondo, sin los ruidos de las actividades para 4 tipos de ambiente:
    - I. Residencial a mas de 500 m de una vía de circulación importante;
    - II. Residencial urbano a menos de 500 m de una vía de circulación importante;
    - III. Barrio comercial o industrias medianas;
    - IV. Centro de la ciudad, industria pesada, proximidad a una autopista o a un aeropuerto;

### Valores límites del nivel equivalente $N_{Aeq}$ (norma NBN S1-401)

Ambiente	I	II	III	IV
Oficina				
• Dirección	30	35	40	45
• Ejecutivos	35	40	45	50
• General	40	45	50	55
Mecanografía	45	45	50	55
Sala				
• Comparación	55	55	60	65
• Conferencia	35	40	45	50
• Reunión	40	45	50	55
Restaurante	45	50	55	60
Laboratorio	55	55	60	60
Almacenes	40	45	50	50
Empresa, taller		50 à 75		

## 2. Aislamiento acústico deseable entre locales (ver norma NBN S01 401)

Local vecino	Locales involucrados			
	Locales poco poblados		Locales poblados	Sala de mecanografía
	Dirección	carde		
escalera, ascensor	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	-	-
inmueble vecino	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>
locales poco poblados	III <sub>b</sub> <sup>a</sup>			
locales poblados	III <sub>b</sub> <sup>a</sup>	IV <sub>b</sub> <sup>a</sup>		
locales poblados	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	IV <sub>b</sub> <sup>a</sup>	
sala de mecanografía	I <sub>b</sub> <sup>a</sup>	I <sub>b</sub> <sup>a</sup>	II <sub>b</sub> <sup>a</sup>	IV <sub>b</sub> <sup>a</sup>

## REFERENCIAS

1. Malchaire J. (1994) Programmes de conservation de l'audition - organisation en milieu industriel. Masson, Paris, Chap. X., pp. 145-151.
2. NBN S01-400 (1977) Acoustique - Critères de l'isolation acoustique. Institut belge de Normalisation.
3. NBN S01-401 (1987) Acoustique - Valeurs limites des niveaux de bruit en vue d'éviter l'inconfort dans les bâtiments. Institut belge de Normalisation.

•