

2014

NORMAS Y ESPECIFICACIONES
PARA ESTUDIOS, PROYECTOS,
CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES

VOLUMEN 3

Habitabilidad y Funcionamiento

TOMO IV

Acondicionamiento Acústico

VOLUMEN 3. HABITABILIDAD Y FUNCIONAMIENTO.
TOMO IV. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.

ÍNDICE

1 ASPECTOS GENERALES.....	2
1.1 Alcance	2
1.2 Acondicionamiento acústico en los espacios educativos	2
2 CONCEPTOS GENERALES	3
2.1 Percepción del oído.....	3
2.2 Longitud de onda	3
2.3 La velocidad de propagación del sonido	4
2.4 Escala del sonido	4
2.5 Intensidad del sonido	4
2.6 Significado de la escala	4
2.7 Medición del sonido.....	5
2.8 Sensaciones y umbrales del sonido.....	5
2.9 Coeficiente de los materiales.....	6
3 TIEMPO DE REVERBERACION	6
3.1 Manipulación del tiempo de reverberación en el local.....	7
3.2 Cálculo del tiempo de reverberación	7
3.3 Tiempos de reverberación recomendados	7
3.4 Ecuaciones	10
3.5 Coeficientes de absorción	10
3.6 Reflexiones indeseables	12
3.7 Evitar el eco	13
3.8 Resonancias coincidentes.....	13
4 NIVELES DE RUIDO DE FONDO	14
4.1 Exceso de ruido.....	14
4.2 Límites de los sonidos de fondo	14
4.3 Características del nivel de ruido.....	15
4.4 Influencia de la frecuencia en el NR.....	15
5 NIVELES STC (SOUND TRANSMISSION CLASS).....	17
5.1 Aislamiento	17
5.1.1 Ubicación de cajas eléctricas	17
5.2 Capacidad aislante	17
5.3 Estimación del aislamiento.....	18
5.3.1 División de locales por un solo material	18
5.3.2 División de locales por mas de un material.....	18

5.4 Frecuencia crítica o coincidente	19
5.5 Niveles de STC	20
5.6 Referencias de los niveles de presión sonora.....	23
5.7 La clasificación del aislamiento bruto.....	23
5.8 Colindancia de los locales	23
5.9 La clasificación de la paredes según su coeficiente de reducción R.....	23
6 AISLAMIENTO DE IMPACTO.....	25
6.1 Valores recomendables de impacto.....	25
6.2 Locales no aptos	25
6.3 Sistemas de piso	26
6.3.1 <i>Detalle de sistemas de piso flotante</i>	26
6.3.2 <i>Clasificación de los pisos</i>	26
7 COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LOS ESPACIOS.....	28
7.1 Condiciones de seguridad e higiene en recintos donde se genere ruido.....	28
7.2 Mediciones y comprobación	28

1. ASPECTOS GENERALES.

1.1 ALCANCE.

Estas Normas establecen las bases y los requerimientos generales mínimos en el diseño de los espacios, para que éstas ofrezcan una acústica adecuada con procedimientos de aislamiento y absorción del fenómeno sonoro.

1.2 ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LOS ESPACIOS EDUCATIVOS.

Las condiciones acústicas en un espacio educativo son esencialmente importantes para el proceso de aprendizaje donde el escuchar con claridad puede hacer la diferencia entre el entendimiento y la incomprensión. Los espacios educativos son los más susceptibles a estas condiciones. Numerosos estudios demuestran que cuando un aula, auditorio o cualquier recinto donde lo más importante sea el escuchar para entender e interactuar tiene condiciones acústicas favorables, la capacidad para transmitir los conocimientos o mensajes aumenta de manera considerable, es decir, la eficiencia educativa se eleva.

Un excesivo ruido de fondo o reverberación en espacios destinados ala enseñanza-aprendizaje interfiere con el proceso de comunicación, en un salón de clases con buena acústica, el aprendizaje es fácil y profundo, más sustancia y menos fatigante. La enseñanza es más efectiva y menos estresante, habrá más interacción verbal y menos repeticiones entre maestro y estudiantes por que las palabras son claras y entendibles.

Un buen diseño acústico atendiendo requerimientos estándares durante la construcción o con procesos de renovación de espacios pueden obtenerse aulas acústicamente favorables.

Para que un espacio cuente con condiciones acústicas óptimas, implica características específicas, mismas que se detallan en la Tabla 1.1

La Figura 1.1 es una representación esquemática donde se observa como las malas condiciones acústicas producen un deterioro progresivo en el entendimiento y la atención de los alumnos alejándolos del mensaje del locutor. Observemos como en la 1ª sesión el aula mal acondicionada acústicamente, posee

una eficiencia del 80%, hacia la 5ª sesión la eficiencia es del 60%, entendiendo como eficiencia el porcentaje del mensaje que llega al receptor sin deformarse o interrumpirse. Al no haber claridad en las palabras el interés del estudiante se pierde.

Tabla 1.1 Características acústicas favorables.

Lista	Descripción
1	El local queda en silencio o con el nivel de ruido de fondo específico para ese local, al no haber fuentes de vibración internas en éste.
2	El sonido (palabra o música) llega al auditorio con claridad.
3	La fuente sonora (orador, grabación, etc.), es apreciada y entendida en todos los lugares del recinto.
4	Los tiempos de Reverberación son los indicados para ese local en base a sus características específicas de forma, dimensión, materiales y uso (adecuado volumen y balance).
5	No existen ondas estacionarias o ecos así como reflexiones indeseadas.
6	Los aparatos y/o motores internos propios del equipamiento del recinto (manejadoras de aire, ventiladores, equipos de computo, ductos, etc.) están perfectamente aislados con el fin de mantener en silencio al local.
7	El espacio está aislado de los sonidos externos así como de aquellos causados por la vibración de la estructura en los niveles superiores e inferiores o por estructuras adyacentes.

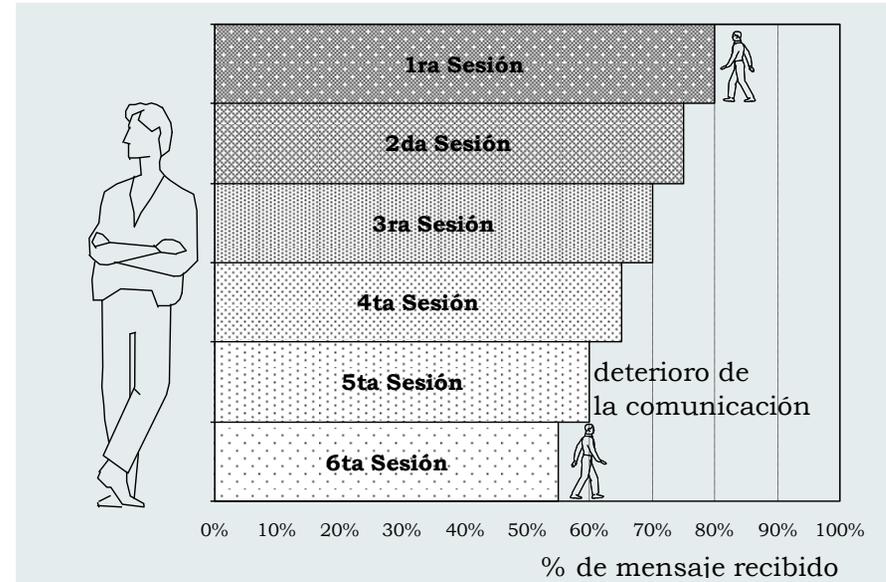


Figura 1.1 Pérdida de eficiencia en la comunicación por malas condiciones acústicas.

2. CONCEPTOS GENERALES.

2.1 PERCEPCIÓN DEL OÍDO.

La sensibilidad y percepción óptima del oído humano está situada en la región comprendida entre los 600 a los 6000 Hertz y dentro de la gama de intensidades que va de los 30 a los 75 decibeles (Figura 2.1). Sin embargo el oído, en una persona sana y joven, puede captar una gama de frecuencias que va desde los 20 Hz hasta los 20,000 Hz. Por debajo de los 20 Hz se denominara infrasonido y por encima de los 20,000 Hz ultrasonido.

2.2 LONGITUD DE ONDA.

El sonido se propaga en el aire, mediante un movimiento ondulatorio, en ondas esféricas alrededor de la fuente que lo emite, de tal forma que la longitud de onda es igual a la velocidad de propagación entre la frecuencia (Figura 2.1), según la expresión:

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (2.1)$$

en donde:

- λ Longitud de onda,
- V Velocidad de propagación,
- f Frecuencia.

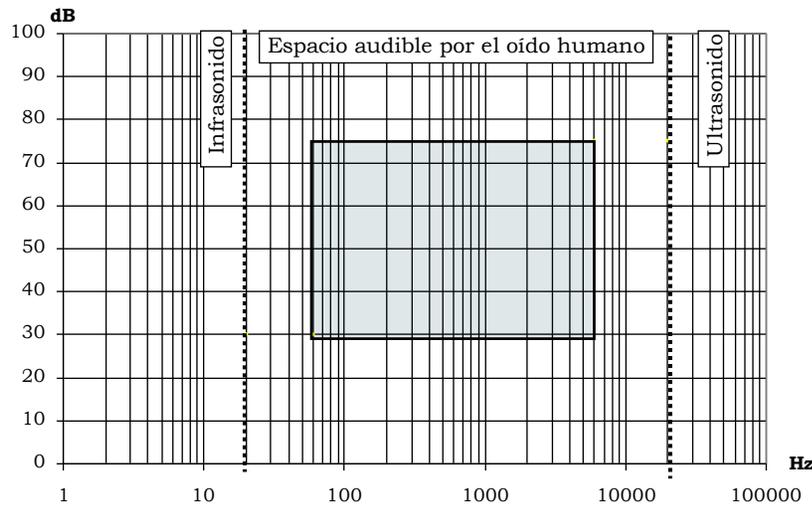


Figura 2.1 Percepción óptima del oído humano.

2.3 LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO.

La velocidad del sonido en el aire varía principalmente con la presión, la temperatura y el viento, sumándose o restándose la velocidad del sonido con la del viento según esté a favor o en contra de la fuente receptora, ver Figura 3.1.

$$V = 331.4 + 0.6T \quad (2.2)$$

donde:

- V Velocidad del sonido en el aire, m/s ,
- T Temperatura ambiental, $^{\circ}C$.

2.4 ESCALA DEL SONIDO.

El oído registra los cambios de presión del sonido en forma subjetiva, por este motivo, la presión del sonido se mide mediante una escala logarítmica (según la recomendación No. 402, de la Organización Internacional de Normalización), que se ajusta aproximadamente a la sensación que producen estos cambios en el oído.

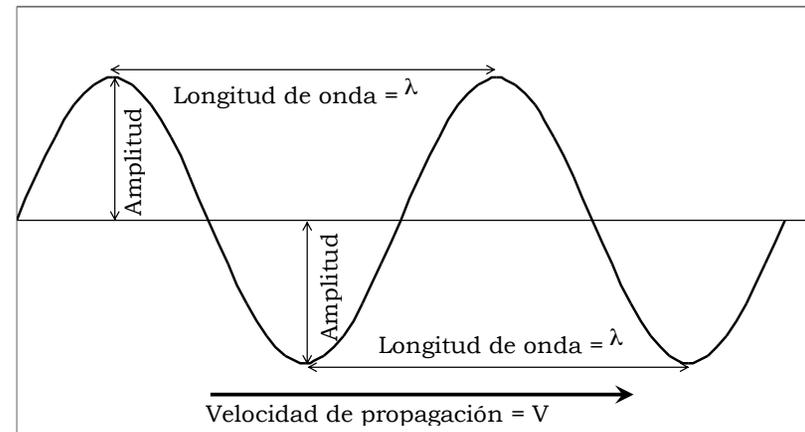


Figura 2.1 Parámetros de la onda sonora.

2.5 INTENSIDAD DEL SONIDO.

Se medirá con referencia a una presión base de 1×10^{-12} watts por m^2 de acuerdo con la expresión.

$$IL(dB) = \frac{10 \log I}{1 \times 10^{-12}} \quad (2.3)$$

donde:

- IL Nivel de Intensidad del sonido, dB,
- I Intensidad del sonido, W/m^2 .

2.6 SIGNIFICADO DE LA ESCALA.

La escala de decibeles ha sido construida según el principio de que a un aumento de 1 dB en la presión acústica, corresponde

una ampliación en intensidad de aproximadamente 26%, duplicándose la intensidad del sonido cada vez que la presión acústica se eleve 3 dB; y para un aumento de 10 dB, la intensidad del sonido será 10 veces mayor; un sonido de 60 dB será 10 veces más fuerte que otro de 50 dB, ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Presión acústica versus intensidad.

Para un aumento o disminución de la presión acústica en dB, de:	Corresponde multiplicar o dividir la intensidad del sonido por:
3	2
6	4
9	8
10	10
12	16
15	32
20	100
25	320
30	1 000
40	10 000
50	100 000
60	1 000 000
70	10 000 000
80	100 000 000
90	1 000 000 000

Ejemplos: Si registramos una presión sonora de 60 dB para aumentar en 3 dB tendríamos que duplicar la intensidad de nuestra fuente sonora:

$$60 \text{ dB} = 10 \log I/1 \times 10^{-12} \text{ por lo tanto } I = 1 \times 10^{-6} \text{ w/m}^2$$

Ahora observemos el resultado de la intensidad cuando aumentamos la presión sonora a 63 dB:

$$63 \text{ dB} = 10 \log I/1 \times 10^{-12} \text{ por lo tanto } I = 1.995 \times 10^{-6} \text{ w/m}^2$$

Si aumentamos la intensidad en 10 veces entonces tendremos un aumento de 10 dB en la presión sonora:

$$60 \text{ dB} = I = 1 \times 10^{-6} \text{ w/m}^2$$

$$70 \text{ dB} = I = 1 \times 10^{-5} \text{ w/m}^2$$

2.7 MEDICIÓN DEL SONIDO.

La medición del sonido se hará por bandas de frecuencia, en octavas, medias octavas o tercias de octava. El análisis del sonido se obtendrá de la representación gráfica de su espectro sonoro, descompuesto en frecuencias graves y agudas, valuadas en decibeles. En la Figura 2.2 se explican las frecuencias con respecto al piano.

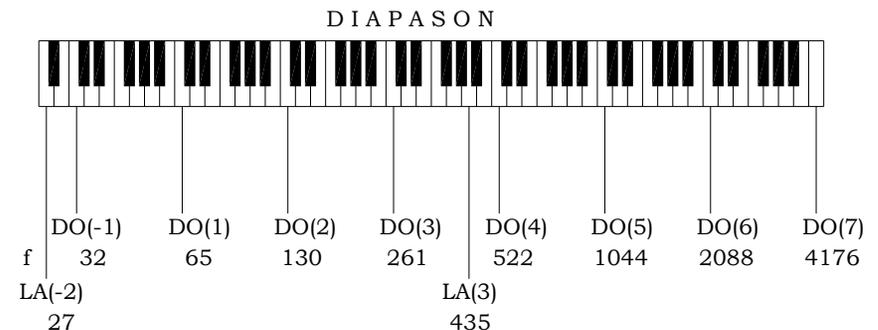


Figura 2.2 Frecuencia de los tonos del piano.

2.8 SENSACIONES Y UMBRALES DEL OÍDO.

La sensación acústica del oído humano es función de la combinación de los valores de la frecuencia (Hz) y la presión acústica (dB). La gráfica de curvas isofónicas muestra claramente que la posición del umbral auditivo varía notablemente de un tono a otro (Figura 2.3).

El sonómetro registra una sensibilidad igual, cualquiera que sea la frecuencia, no así el oído humano que interpreta las presiones acústicas y les da una mayor o menor importancia, según sean graves, medias o agudas. El sonómetro posee filtros que reproducen sensiblemente las curvas de interpretación del oído,

que se les llama de ponderación (Figura 2.4). Al medir un sonido con el sonómetro será necesario seleccionar entre las curvas de ponderación A, B ó C. Normalmente se utilizará la curva A y en estos casos debe agregar a la abreviatura de decibel: dB (A).

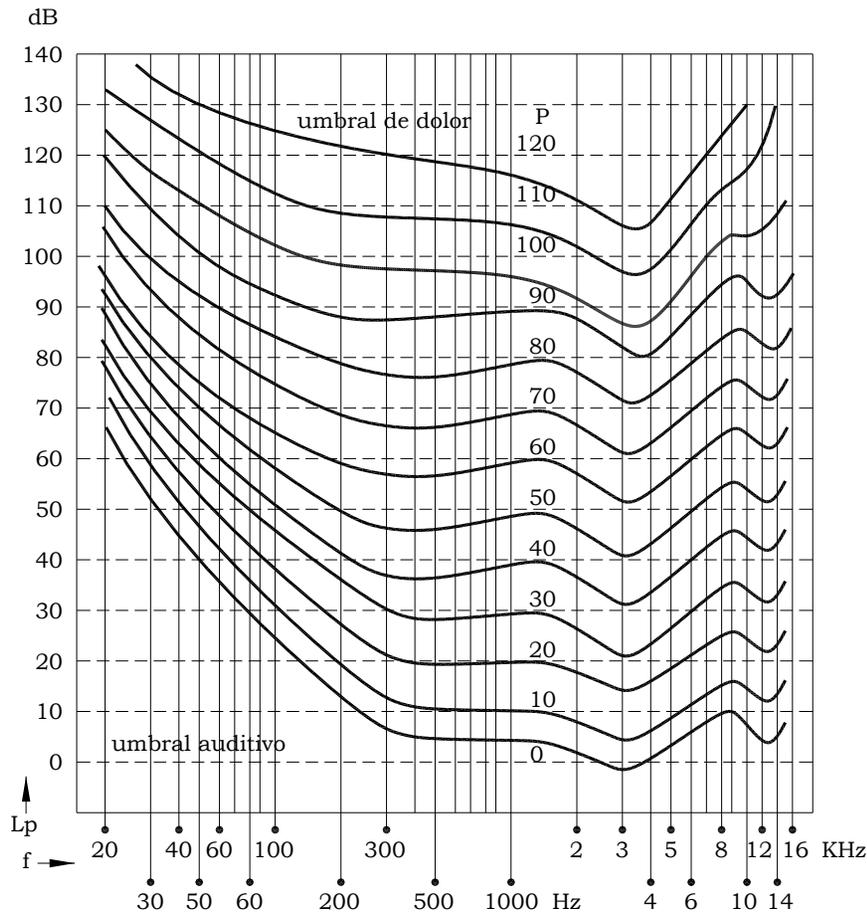


Figura 2.3 Curvas isofónicas.

2.9 COEFICIENTES DE LOS MATERIALES.

El coeficiente de reflexión de un material estará dado por la relación entre la energía acústica reflejada y la energía acústica incidente; el coeficiente de transmisión estará dado por la relación entre la energía acústica transmitida y la incidente; el

coeficiente de absorción, por la relación entre la energía acústica absorbida y la incidente. La suma de los tres coeficientes anteriores nunca será mayor que la unidad.

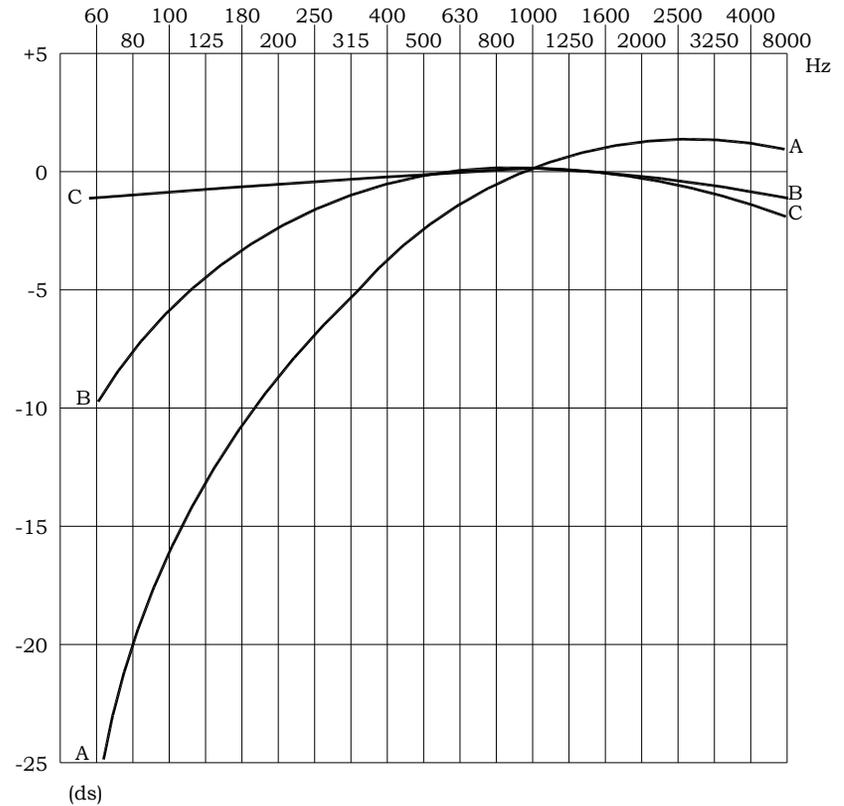


Figura 2.4 Curvas de ponderación, el ruido, su media y su apreciación.

3. TIEMPO DE REVERBERACIÓN: (REVERBERATION TIME).

El tiempo de reverberación, *TR*, se define como el lapso que tarda un local dado en amortiguar la energía de un sonido hasta un millonésimo de su valor original; es decir, el tiempo que tarda en amortiguar la energía de un sonido de 60 decibeles después de interrumpir la vibración de la fuente abruptamente.

3.1 MANIPULACIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN EN UN LOCAL.

Cuando se pretenden tener valores TR específicos, se debe demostrar en la fase de proyecto mediante cálculos que el local contará con esos valores de tiempo de reverberación. Se debe tener la cantidad de sonido reverberante específico dependiendo del uso y naturaleza del local para cada frecuencia en estudio. Es por ello que en el caso de recintos destinados a la educación debemos tomar en cuenta las recomendaciones internacionales para espacios educativos, tal como la *Nacional Acoustic Code*.

Tabla 3.1 Factores que influyen en el tiempo de reverberación.

Importancia	Descripción
1	El volumen del local
2	La absorción de local (la cantidad de sonido que absorben los materiales)
3	El manejo de las reflexiones

Cuando no se tiene una ecualización adecuada, las palabras pueden parecer entrecortadas o el sonido no es completamente legible.

CONDICIONES ACÚSTICAS FAVORABLES PARA LA VOZ = CONDICIONES ACÚSTICAS DESFAVORABLES PARA LA MUSICA

3.2 CÁLCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN.

Para obtener los valores deseados para TR se debe observar la geometría interior, las proporciones y la función a la que se destinará el local. A mayor volumen interior de un local, mayor será el tiempo de reverberación; y para un volumen dado a mayor superficie de absorción, la reverberación será menor. Siguiendo la ecuación de *W. C. Sabine*:

$$TR = 0.161 \frac{V}{Abs} \quad (3.1)$$

Nota: esta ecuación no debe aplicarse en frecuencias menores a los 100 Hz.

Donde:

TR Tiempo de Reverberación,

V Volumen del local en m^3 ,

Abs Absorción del local en m^2 .

3.3 TIEMPOS DE REVERBERACIÓN RECOMENDADOS.

En las Figuras 3.1 y 3.2 se señalan los tiempos de reverberación recomendados en función del uso del local y de su volumen. Asimismo, en la Tabla 3.1 se presentan los volúmenes por espectador aplicables según el destino del local.

El tiempo de reverberación para los espacios educativos hasta de $283m^3$ ($10000ft^3$) no debe exceder de 0.6 segundos.

El tiempo de reverberación para los espacios educativos con volúmenes mayores a $283m^3$ ($10000ft^3$) y menores a $566m^3$ ($20000ft^3$) no debe exceder de 0.7 segundos.

En el caso de las aulas cuyo volumen sea mayor a los $566m^3$, y esta no llegue a considerarse un auditorio, entonces el tiempo de reverberación será máximo de 0.9 ó 1 segundo, Tabla 3.2.

Tabla 3.1 Volumen recomendable en auditorios.

Tipo	m ³ por espectador		
	mínimo	óptimo	máximo
Salas de conferencia (aulas)	2.3	3.1	4.0
Cines	2.8	3.5	5.1
Opera	4.5	5.7	7.4
Auditorios de uso general	5.1	7.1	8.5
Salas de concierto	6.2	7.8	10.8

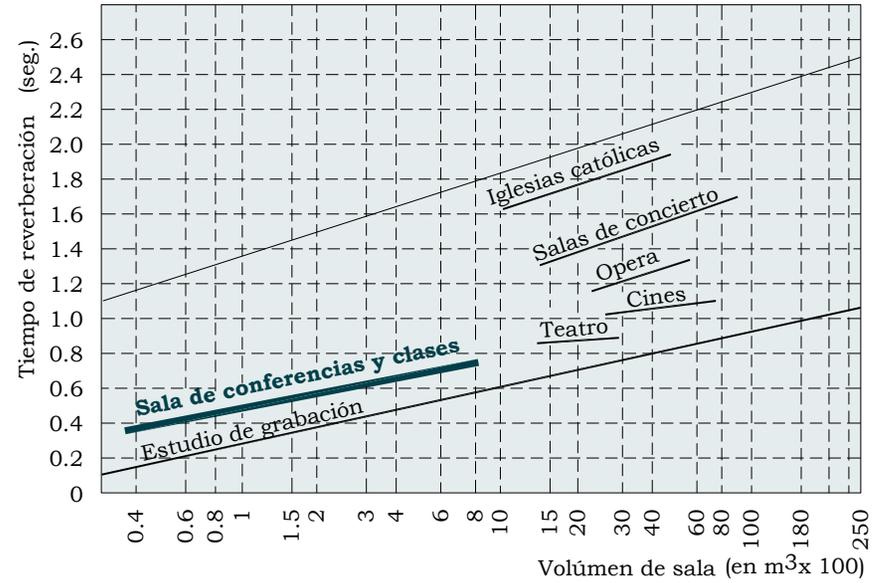


Figura 3.1 Tiempo de reverberación versus volumen de la sala.

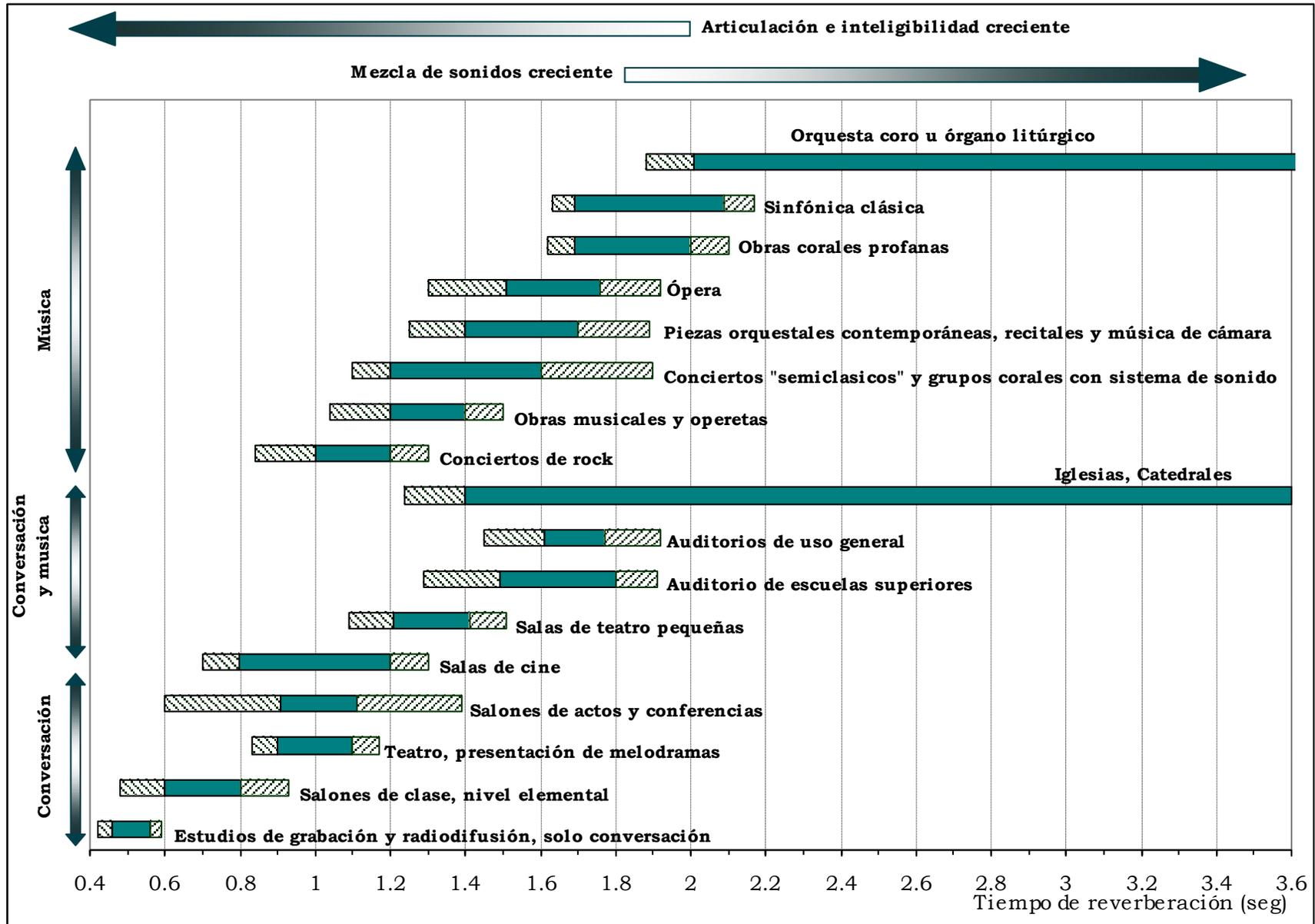


Figura 3.2 Tiempos óptimos de reverberación.

Tabla 3.2 Tiempo de reverberación para aulas según volumen.

VOLUMEN m ³	FRECUENCIA DE HERTZ					
	125	250	500	1000	2000	4000
Más de 283 m ³ y hasta 566 m ³	1.4	1.08	0.9	0.7	0.68	0.8
Hasta de 283 m ³	1.28	0.98	0.78	0.6	0.58	0.68

Las aulas deberán ser ecualizadas en forma semejante a los valores aquí tabulados, siguiendo el mismo comportamiento de la curva, pues de lo contrario podrían aparecer deficiencias en el sonido en una o más frecuencias.

3.4 ECUALIZACIONES.

Al observar las gráficas de ecualizaciones A y B de la Figura 3.2, podemos ver como en la frecuencia de 1000Hz se iguala al valor requerido. Hacia las frecuencias altas se mantendrá un valor ligeramente mayor, siendo lo contrario en las frecuencias más bajas, en donde, al ser el oído humano menos sensible a éstas se debe dar mayor “brillo”.

Tomando en cuenta los volúmenes relativamente pequeños de un salón de clase, nos encontramos que los tiempos de reverberación deben ser calculados únicamente para la voz, pues de lo contrario las características pueden hacer inteligible al orador.

3.5 COEFICIENTES DE ABSORCIÓN.

Para el cálculo del Tiempo de Reverberación se deberán utilizar los coeficientes de absorción de cada material, una vez que han sido probados en el laboratorio, en la Tabla 3.3 se dan dichos coeficientes de algunos materiales comunes.

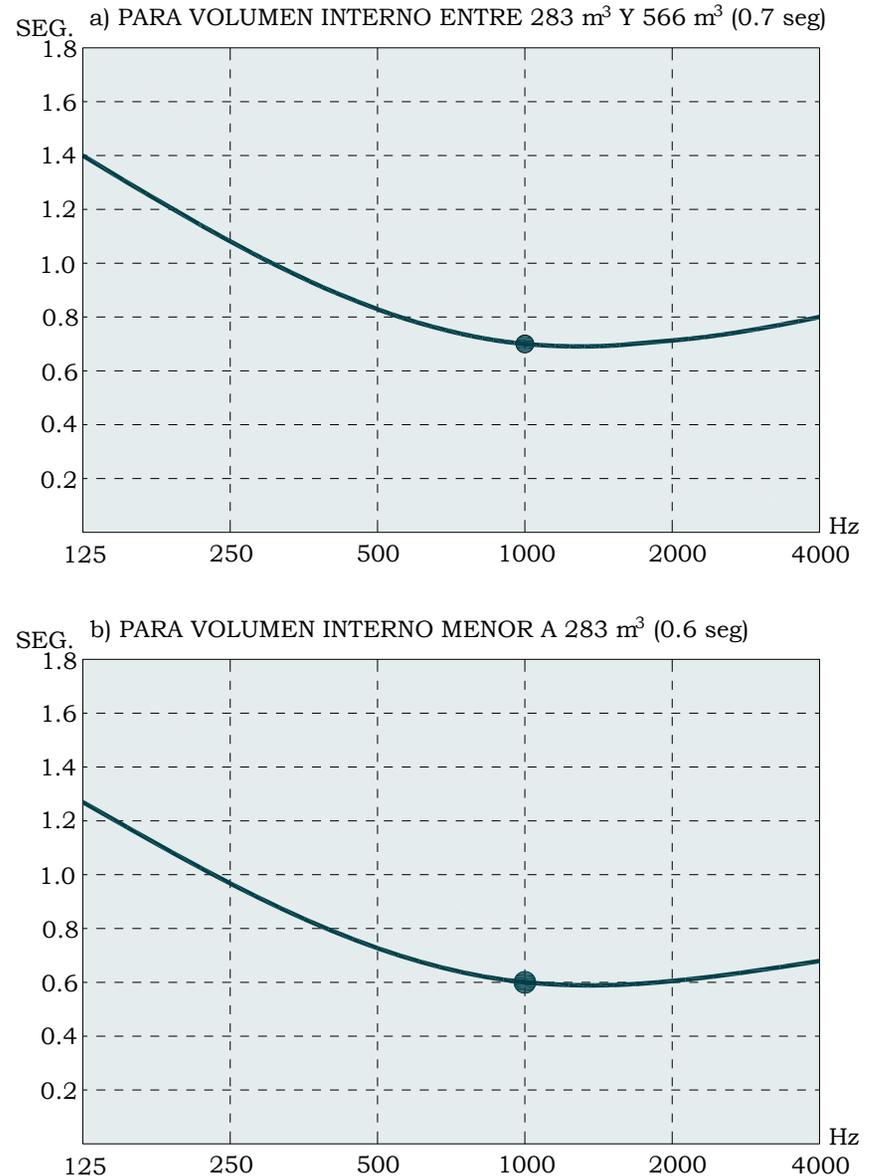


Figura 3.2 Valores recomendados de TR para aulas dependiendo de su volumen.

Tabla 3.3 Coeficientes de absorción.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA EN HERTZ					
	125	250	500	1000	2000	4000
Block de concreto sin pintar	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
Block de concreto pintado	0.10	0.05	0.06	0.07	0.09	0.08
Tabique expuesto sin vidriar y sin pintar	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Pisos de concreto o terrazo	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02	0.02
Concreto aparente sin pintar	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Mármol o recubrimiento vidriado	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Madera sobre concreto	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Fibra de vidrio de 25mm	0.05	0.08	0.60	0.93	0.99	0.96
Acabados						
Aplanado sobre metal desplegado con aire atrás, detenido con largueros.	0.30	0.15	0.10	0.05	0.04	0.05
Aplanado yeso o cal, liso sobre bloque concreto	0.12	0.09	0.07	0.05	0.05	0.04
Aplanado yeso o cal, aplicado sobre malla de metal desplegado	0.14	0.10	0.06	0.04	0.04	0.03
Aplanado yeso o cal, con acabado fino sobre tabique	0.013	0.015	0.02	0.03	0.03	0.05
Aplanado acústico	0.17	0.17	0.50	0.60	0.68	0.66

Tabla 3.3 Continuación.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA EN HERTZ					
	125	250	500	1000	2000	4000
Placa de yeso de 13 mm ambos lados y pies derechos de madera de 50x100 mm @ 40 cm.	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Triplay de 6 mm sobre un espacio de aire de 75 mm y colchoneta de 25 mm de fibra de vidrio.	0.60	0.30	0.10	0.09	0.09	0.09
Vidrio común	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Vidrio grueso	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Plafón metálico acústico en charolas de 150 mm	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40
Linóleo, vinilo, hule, corcho, sobre madera	0.02	0.04	0.05	0.05	0.10	0.05
Linóleo, vinilo, hule, corcho, sobre concreto	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Piso de madera con espacio de aire abajo (polines o durmientes)	0.40	0.30	0.20	0.17	0.15	0.10
Alfombra pesada con bajo alfombra de 1.35 kg/m ² hecha de fieltro o hule espuma	0.80	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
Cortinas de tela de 0.48 kg/m ² plegado a la mitad de su superficie	0.07	0.31	0.49	0.75	0.70	0.60

Cortinaje de tela de 0.60 kg/m ² plegado a la mitad de su superficie	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65
---	------	------	------	------	------	------

Tabla 3.3 Continuación.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA EN HERTZ					
	125	250	500	1000	2000	4000
Cortinaje de tela de 0.35 kg/m ² colgado vertical en contacto con el muro	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
Bancas de madera, ocupadas por unidad de área de piso (m ²)	0.37	0.44	0.67	0.70	0.80	0.72
Butacas acojinada por unidad de área de piso (m ²)	0.19	0.37	0.56	0.67	0.61	0.59
Butacas sin ocupar cubiertas de cuero por unidad de área de piso (m ²)	0.15	0.25	0.36	0.40	0.37	0.35
Espectadores en asientos acolchonados por unidad de área de piso (m ²)	0.39	0.57	0.80	0.94	0.92	0.87
Tableros y lambrines con una capa de aire atrás	0.50	0.50	0.33	0.25	0.19	0.13
Tableros y lambrines sin una capa de aire atrás	0.52	0.50	0.25	0.199	0.16	0.13
Tableros con resonadores	0.30	0.68	0.68	0.66	0.55	0.12
Tableros de placas perforadas	0.52	0.70	0.63	0.68	0.88	0.72
Tableros de placas perforadas con aire atrás	0.60	0.68	0.73	0.80	0.87	0.82

Tabla 3.3 Continuación.

DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA EN HERTZ					
	125	250	500	1000	2000	4000
Aire ambiente por cada 100 m ³ con humedad relativa de 50%.	-----	-----	-----	0.30	0.90	2.40
Agua	0.008	0.008	0.013	0.015	0.020	0.025

3.6 REFLEXIONES INDESEABLES.

El tener tiempos de reverberación adecuados no quiere decir que estemos exentos de problemas causados por reflexiones indeseables. Estos pueden ser causados por esquinas, superficies cóncavas, Figura 3.3, superficies paralelas, Figura 3.4, etc.

En el caso de que exista el fenómeno de onda estacionaria se recomienda evitar el paralelismo entre las superficies. Un plano reflector a gran distancia en un espacio alargado puede producir un eco dando por resultado el fenómeno denominado “slap” como se muestra en la Figura 3.5.

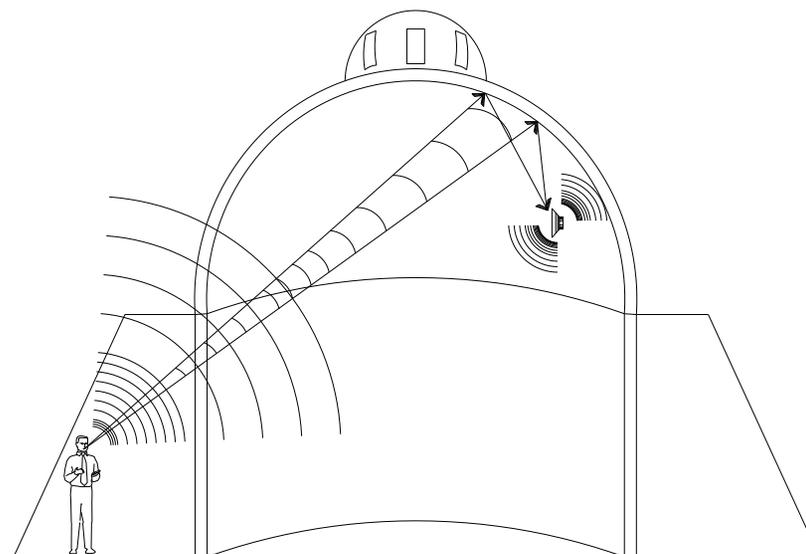


Figura 3.3 Nodo de ruido generado por concavidad.

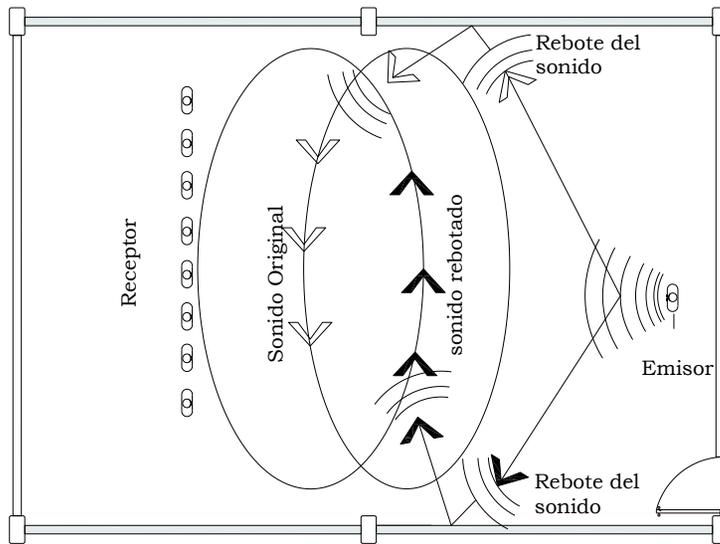


Figura 3.4 Defecto acústico por planos paralelos.

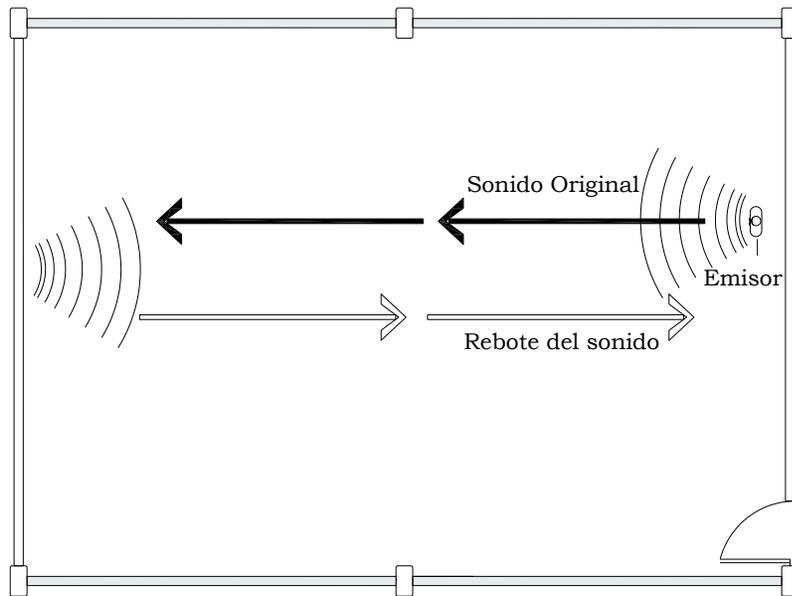


Figura 3.5 Defecto acústico por efecto "SLAP".

3.7 EVITAR EL ECO.

Se produce un eco cuando existe en algún lugar de la sala una reflexión del sonido después de un intervalo mayor de 0.05 seg., para lo cual es necesario determinar puntos y el posible foco acústico dentro del salón para calcular la diferencia en el tiempo de recorrido del sonido original y de su reflexión; para ello se deberá cumplir la siguiente expresión:

$$TI = TD \leq 0.05 \text{seg.} \tag{3.2}$$

donde:

TI Tiempo de recorrido indirecto del sonido,

TD Tiempo de recorrido directo del sonido.

3.8 RESONANCIAS COINCIDENTES.

Se deben evitar resonancias coincidentes con algunas frecuencias locales de forma rectangular, para lo cual la altura de piso a techo del salón, no debería ser múltiplo entero del largo o ancho del propio salón. En la Figura 3.6 podemos ver un espacio cuya geometría ocasiona el defecto acústico de las resonancias coincidentes.

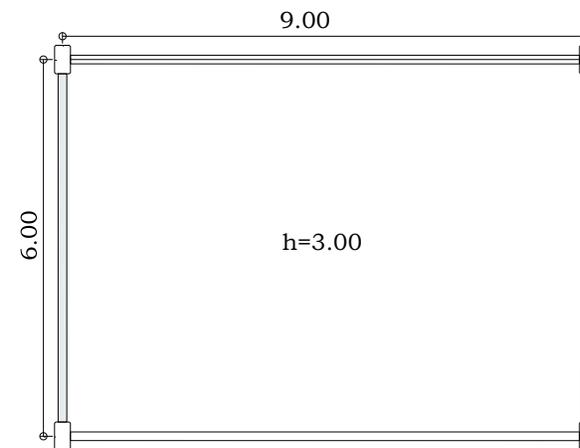


Figura 3.6 Defecto acústico por resonancia coincidente.

La Tabla 3.3 nos muestra los coeficientes de absorción de los materiales más comunes en la construcción, de las frecuencia de 125 Hz a la de 4000 Hz. Observando la tabla podemos ver algunos materiales que se comportan de forma opuesta con respecto a las frecuencias agudas o graves. Por ejemplo la fibra de vidrio o la alfombra tienden a apagar las frecuencias altas permitiendo la reflexión de las frecuencias bajas. En el caso de la madera sucede lo contrario pues la tendencia es el apagar las bajas frecuencias y elevar el tiempo de reverberación de las frecuencias altas. De esta manera el especialista debe tener una mezcla adecuada de materiales con el fin de equalizar en forma natural los locales.

4. NIVELES DE RUIDO DE FONDO.

El nivel de Ruido de Fondo o Criterio de Ruido (Noise Criteria) es el valor con el que se describe la intensidad del ruido dentro de un espacio. En los espacios educativos el cumplimiento de este factor es de suma importancia para que el auditorio pueda mantenerse en concentración. Algunos espacios cuya naturaleza no sea la de estar en contacto con un orador o una fuente sonora expuesta a la apreciación, no requieren un seguimiento estricto en cuanto al Nivel de Ruido de Fondo como por ejemplo el interior de un cuarto de máquinas.

4.1 EXCESO DE RUIDO.

El exceso de ruido dentro de un local puede degradar la comunicación en un espacio, es por ello que las normas han establecido Niveles de Ruido específicos dependiendo del uso del espacio. Estos ruidos pueden ser generados por emisores externos al local, por la vibración del sistema del edificio o por un espacio adyacente como se muestra en la Figura 4.1.

Deben considerarse y tratarse cuidadosamente los ruidos generados por las instalaciones eléctricas, hidro-sanitarias o de clima entre otras.

4.2 LIMITES DE LOS SONIDOS DE FONDO.

Las normas (ISO) fijan el nivel de molestia, derivadas de estudios estadísticos como se observa en la Figura 4.2. En base a estos

niveles se hacen las recomendaciones para los niveles de Sonidos de Fondo aceptables.

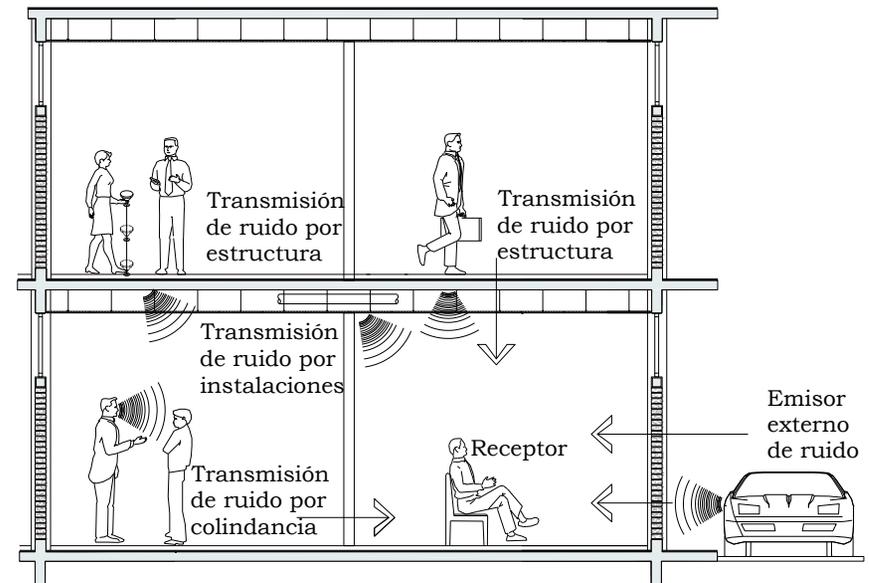


Figura 4.1 Emisores de ruido externos.

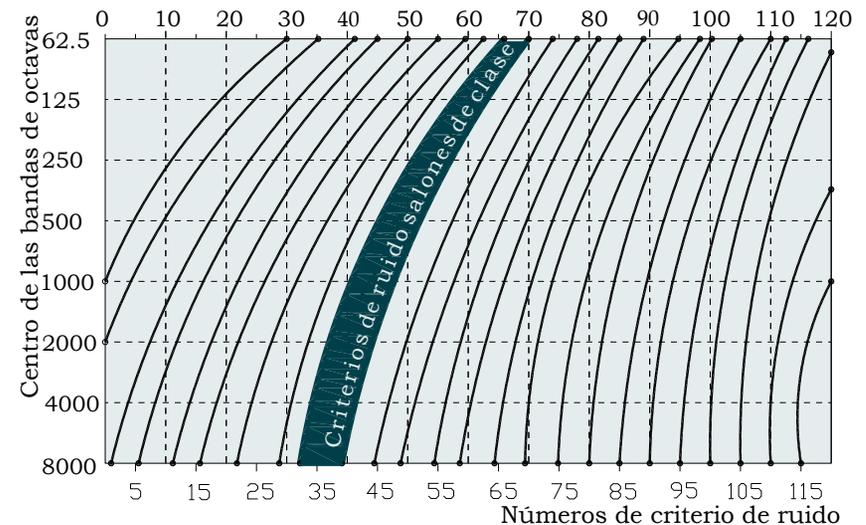


Figura 4.2 Niveles de molestia presión sonora en dB.

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL DE RUIDO.

Cabe mencionar que el Criterio de Ruido o Nivel de Ruido, *NR*, de Fondo dependerá de las características específicas de los espacios como se puede apreciar en las Tablas 4.1 y 4.2.

El criterio para el control de ruido en los espacios educativos será el siguiente:

Tabla 4.1 Criterio de ruido de fondo en espacios educativos*

Criterio	Niveles (NR) recomendados (dB)**
Área de lactantes	25-30
Salón de clases	30-35
Aula de computación	40-50
Cuarto de música	20-30
Auditorios y salones de reunión	25-30
Bibliotecas	30-35
Oficinas semiprivadas	30-40
Oficinas generales	35-40
Teatro escolar	20-30
Talleres	40-50
Talleres pesados	NO APLICA
Espacios educativos de hasta 566m ³ el Nivel de Ruido de Fondo no deberá exceder de:	35 dB A***
Espacios educativos con volumen mayor a 566m ³ el Nivel de Ruido de Fondo no deberá exceder de:	40 dB A***

* Si el sonido de fondo es más intenso que el aquí tabulado producirá molestias.

** Cuando el periodo más ruidoso sea causado por transporte, el nivel máximo se incrementará en 5 dB.

***Ver tabla de curvas de ponderación (Figura 2.4)

Tabla 4.2 Criterio de ruido de fondo en otros espacios.

Criterio	Niveles (NR) recomendados (dB)
Sala de conciertos	15-25
Estudio de sonido o radiodifusora	15-25
Teatro de ópera	20-30
Estudio de televisión	15-25
Oficinas privadas ejecutivas	30-35
Estudio de filmación cinematográfica	25-30
Sala de conferencias	25-30
Iglesias y sinagogas	20-30
Juzgados o tribunales	25-30
Auditorios y salones de reunión	25-30
Hogar, recámaras	25-35
Cinematógrafo	25-30
Hospital	30-45
Restaurante	30-40
Sala de dibujo	35-45
Gimnasio	40-45
Oficina general de mecanografía y contabilidad	40-45

4.4 INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA EN EL NR.

Los niveles de ruido de fondo se considerarán para cada frecuencia, ya que como podemos ver en las gráficas de las Figuras 4.3 y 4.4 las frecuencias bajas son menos molestas para el oído humano pues es menos sensible a éstas y por lo tanto el nivel *NR* puede ser mayor.

La Tabla 4.3 nos muestra los valores numéricos del nivel de presión sonora en *dB* para el criterio de ruido respecto a cada frecuencia.

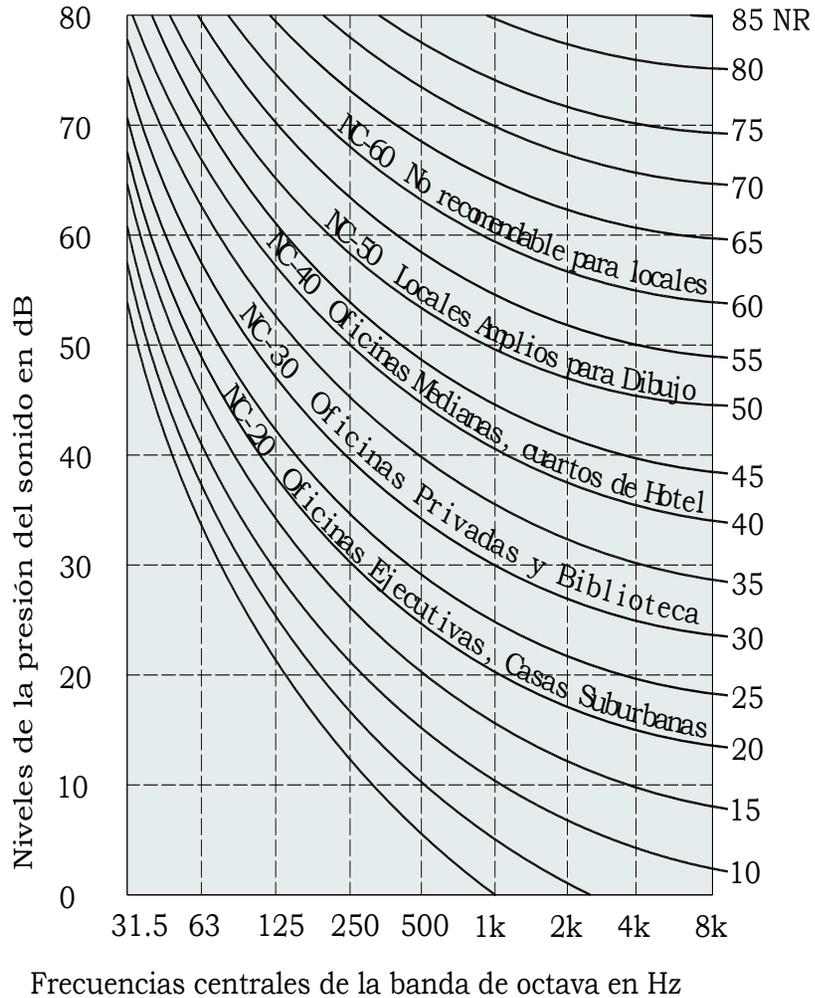


Figura 4.3 Curvas de recomendación de locales.

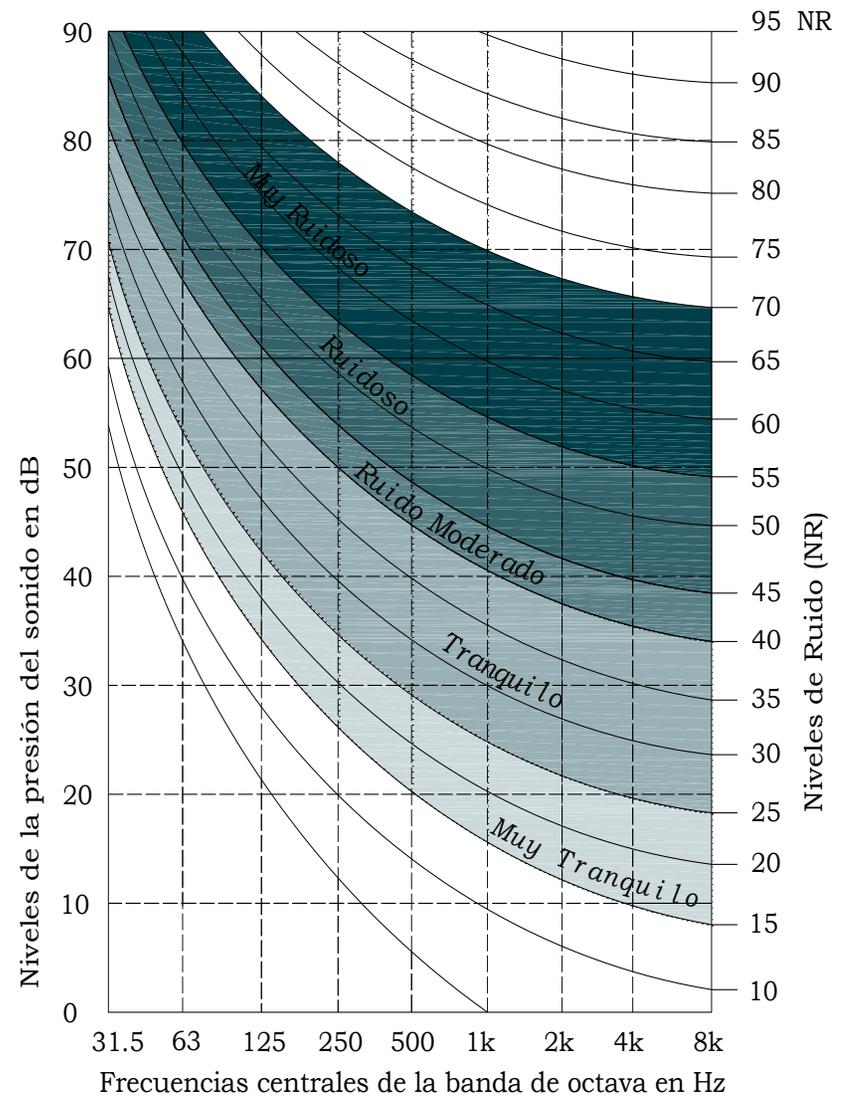


Figura 4.4 Curvas en rangos de ruido.

Tabla 4.3 Criterio de ruido del nivel de presión del sonido, dB.

CURVA	FRECUENCIAS EN Hz							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
CR-70	83	79	75	72	71	70	69	68
CR-65	80	75	71	68	66	64	63	62
CR-60	77	71	67	63	61	59	58	57
CR-55	74	67	62	58	56	54	53	52
CR-50	71	64	58	54	51	49	48	47
CR-45	67	60	54	49	46	44	43	42
CR-40	64	57	50	45	41	39	38	37
CR-35	60	52	45	40	36	34	33	32
CR-30	57	48	41	36	31	29	28	27
CR-25	54	44	37	31	27	24	22	21
CR-20	50	41	33	26	22	19	17	16
CR-15	47	36	29	22	17	14	12	11

5. NIVELES STC (SOUND TRANSMISSION CLASS).

La cantidad de sonido transportado por el aire, la cual es bloqueada por un material, es medida en niveles STC (Sound Transmission Class). Controlar el ruido entre dos espacios es necesario cuando las barreras son débiles o cuando dentro de un local se ha especificado un nivel de ruido específico y este no es alcanzado por la transmisión de ruido de un espacio adyacente.

Cuando un STC es bajo, esto se puede solucionar agregando masa, espacios de aire, etc. (Tabla 5.1). Los muros deberán sellarse con el piso y el techo así como con los elementos colindantes.

5.1 AISLAMIENTO.

El nivel de aislamiento STC depende de una combinación de factores, no sólo del material utilizado sino también de su colocación y diseño de instalaciones, tal como se expresa en la Tabla 5.1:

Tabla 5.1 Factores que modifican los niveles STC.

Factor	Material
1	Los materiales utilizados (Tabla 5.2)
2	Los métodos de ensamble de paredes, pisos y techos
3	La ubicación de las penetraciones necesarias para paso de ductos y cajas eléctricas (Figura 5.1).

5.1.1 Ubicación de cajas eléctricas.

La colocación de las cajas eléctricas se deberá intercalar a un espacio mínimo de 60 cm (Figura 5.1) ya que de esta forma se puede evitar la transmisión de ruido entre los espacios. De ser un sistema de muro hueco, se recomienda utilizar un elemento aislante como la fibra de vidrio el cual permitirá un mejor nivel de aislamiento.

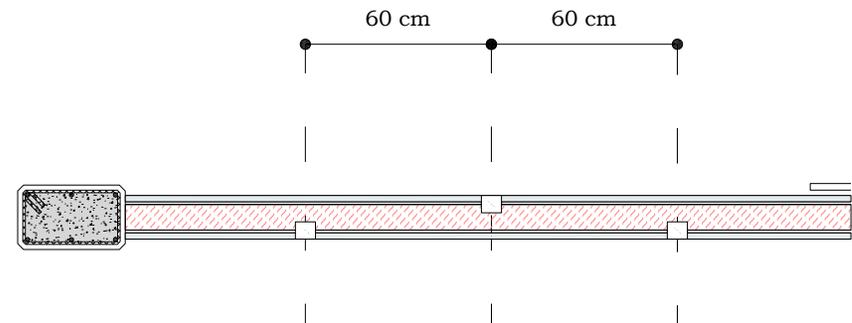


Figura 5.1 Colocación de cajas eléctricas.

5.2 CAPACIDAD AISLANTE.

La capacidad de aislamiento acústico de un material estará dada en función de su módulo de elasticidad, suavidad, espesor, porosidad y resistencia al flujo. En la Tabla 5.2 se presentan algunos ejemplos de la capacidad de aislamiento acústico de algunos materiales.

Tabla 5.2 Aislamiento acústico de elementos estructurales.

 AISLAMIENTO ACÚSTICO APROXIMADO	 dB
Mampostería de piedra de 60 cm de espesor	56
Concreto de 30 cm de espesor	57
Concreto de 25 cm de espesor	54
Concreto de 18 cm de espesor	52
Concreto de 15 cm de espesor	50
Concreto de 12 cm de espesor	48
Concreto de 8 cm de espesor	45
Concreto de 4 cm de espesor	40
Muro de tabique de 28 cm de espesor	50
Muro de tabique de 14 cm de espesor	40
Muro de 10 cm con placas de yeso de 13 mm en cada lado (hueco)	30
Muro de 10 cm con placas de yeso de 16 mm en cada lado (hueco)	33
Entrepisos:	
Losas de concreto (ver espesores de 4 a 30 cm)	
Losas de concreto 10 cm de espesor con loseta vinílica	45
Losas de concreto con piso construido con 6 mm de corcho, triplay de 16 mm y parque de encino de 8 mm	48
Losas de concreto encasetonada, capa de compresión de 4 cm	40
Losas de concreto encasetonada, capa de compresión de 4 cm con falso plafón.	45
Lámina de asbesto de 6 mm (sellada eficazmente en marco)	25
Vidrio de 5 mm (sellado eficazmente en marco)	20

5.3 ESTIMACIÓN DEL AISLAMIENTO.

5.3.1 División de locales por un solo material.

El cálculo del aislamiento, acústico aéreo, R , cuando la división entre un local y otro este dada por un solo material, la podemos calcular con la siguiente expresión:

$$R = 20 \log(m f) - 43 \quad (5.1)$$

donde:

R Es la intensidad que llega al receptor dentro del cuarto, dB,

m La masa de la superficie en kg/cm^2 ,

f Es la frecuencia en Hz.

5.3.2 División de locales por más de un material.

El cálculo del aislamiento acústico aéreo cuando la división entre un local y otro este dada por más de un material, la podemos calcular con la siguiente expresión:

$$R_g = \log \left[\frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{0.1R_i}}} \right] \quad (5.2)$$

donde:

R_g Es el aislamiento acústico global dentro del cuarto, dB,

S_i Es la superficie del elemento aislante (muro, ventana, etc.), m^2

R_i Aislamiento específico del elemento contractivo de área S_i .

Por ejemplo para cerramiento ciego con una ventana, la ecuación 5.2 queda de la siguiente forma:

$$R_g = 10 \log \left[\frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{0.1R_c}} + \frac{S_v}{10^{0.1R_v}}} \right] \quad (5.3)$$

Siendo S_c y S_v las áreas de las partes ciegas y ventana con aislamiento R_c y R_v respectivamente.

Las ecuaciones 5.1 a 5.3 son validas en el rango de frecuencias comprendidas mayores a la frecuencia natural del sistema, f_0 pero menores a la frecuencia crítica coincidente, f_c .

5.4 FRECUENCIA CRÍTICA O COINCIDENTE.

La frecuencia crítica o de coincidencia, f_c , en la que la longitud de onda del sonido coincide con el espesor del material, da como resultado un mínimo de eficiencia aisladora, en forma teórica podemos estimar su valor con la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi d} \sqrt{\frac{12\rho}{E} (1 - \mu^2)} \quad (5.4)$$

donde:

- c Velocidad del sonido en el aire, m/seg.,
- d Espesor de la pared, m,
- ρ Densidad del material de la pared, kg/m^2 ,
- μ Coeficiente de poisson,
- E Modulo de Young, N/m^2 .

En la Tabla 5.3 y Figura 5.2 se dan los valores de frecuencia crítica para diversos materiales.

Tabla 5.3 Frecuencias críticas en diferentes materiales.

Material	Peso Específico	Frecuencia crítica en Hz para un espesor de 1 cm.
Acero	7 800	1 000
Vidrio	2 500	1 200
Aluminio	2 700	1 300
Concreto	2 300	1 800
Yeso	1 000	4 000
Ladrillo macizo de barro (varía)	2 000 a 2 500	2 500 a 5 000
Madera (varía)	600 a 700	6 000 a 18 000
Poliestireno expandido	14	14 000
Corcho	250	18 000
Hule	1 000	85 000

Nota: Para obtener los valores aproximados de la frecuencia crítica, dividir o multiplicar la frecuencia de la tabla entre el espesor en cm.

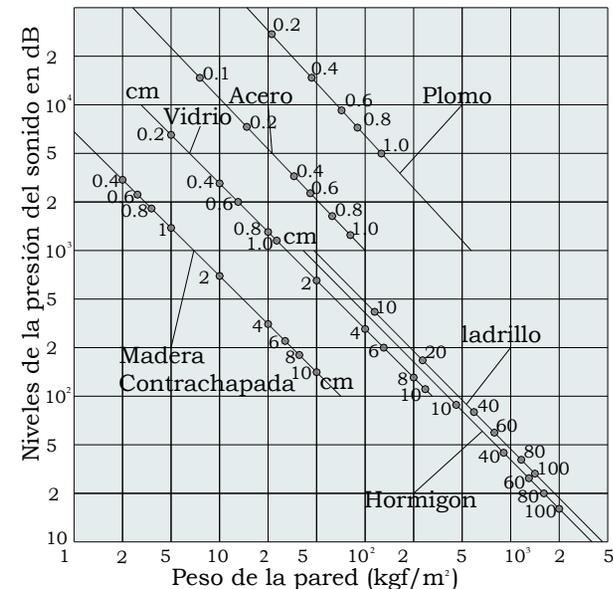


Figura 5.2 Frecuencias críticas para diferentes material y espesores.

5.5 NIVELES DE STC.

Los siguientes niveles de *STC* (Tablas 5.4 a 5.13) son los mínimos recomendados para lograr un aislamiento óptimo en los espacios. Las matrices explican las condiciones de aislamiento dependiendo de los locales colindantes. Cabe mencionar que el emplazamiento o lugar en el que se encuentre la escuela, la geometría, las dimensiones, las fuentes de ruido vecinas, etc. deben tomarse en cuenta con el fin de lograr una adecuación de los niveles en forma particular para cada proyecto.

Tabla 5.4 STC para Centros de Desarrollo Infantil.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	Lactantes	Baños	Escaleras	Exterior	Cocina	Comedor
Aula	50	50	53	45	50	45	45
Lactantes	50	50	53	45	50	45	45
S. Médico	50	50	45	45	45	45	45
S. Música	60	60	60	60	60	60	60

Tabla 5.5 STC para Jardín de Niños Urbano.

Niveles de Aislamiento Recomendados STC [dB]				
Espacios	Aula	Cocina	Baños	Exterior
Aula	50	45	53	50
Cocina	45	NA	NA	NA
Cantos Y Juegos	60	60	60	60

Tabla 5.6 STC para Escuela Primaria.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]				
Espacios	Aula	Escaleras	Exterior	Baños
Aula	50	45	50	53
Sala de juntas	45	45	50	53
Usos múltiples	50	50	50	53

Tabla 5.7 STC para Escuela Secundaria General.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
S.médico	50	50	60	50	45	45	45
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50
Biblioteca	50	50	50	50	45	53	50

Tabla 5.8 STC para Tele Secundaria.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]					
Espacios	Aula	Lab-taller	Exterior	Baños	Act. Agr
Aula	50	60	50	53	50
Lab-Taller	60	NA	50	NA	50

Tabla 5.9 STC para Preparatoria por Cooperación.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
S. Médico	50	50	60	50	45	45	45
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50

Tabla 5.10 STC para C.E.T.I.S.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
S. Médico	50	50	60	50	45	45	45
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50
Biblioteca	50	45	60	50	45	53	50

Tabla 5.11 STC para C.B.T.I.S.

NIVELES DE AISLAMIENTO RECOMENDADOS STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
S. Médico	50	50	60	50	45	45	45
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50
Biblioteca	50	45	60	50	45	53	50

Tabla 5.12 STC para C.B.T.A.

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
Cafetería	60	60	60	60	NA	NA	NA
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50
Biblioteca	50	45	60	50	45	53	50

Tabla 5.13 STC para CONALEP

Niveles de aislamiento recomendados STC [dB]							
Espacios	Aula	A. Visual	Talleres	Lab.	Escaleras	Baños	Exterior
Aula	50	45	60	50	45	53	50
A. Audiovisual	45	NA	60	50	45	53	50
Talleres	60	60	NA	50	45	NA	50
Laboratorios	50	50	50	NA	45	NA	50
Biblioteca	50	45	60	50	45	53	50

Debe buscarse, mediante la adecuación del sistema constructivo y las características aislantes de los materiales llegar a los niveles *STC* recomendados. Sin embargo, siempre a criterio del especialista, deben observarse las fuentes de ruido vecinas con el fin de aumentar, adecuar o disminuir los valores antes descritos. Es decir, el aislamiento por ruido exterior no podrá ser el mismo en el campo que en la ciudad, o junto a una avenida o lejos de ella. Por ello es importante siempre tomar en cuenta el criterio del especialista. En algunos casos se busca aislar una frecuencia determinada, y se debe atender en forma particular.

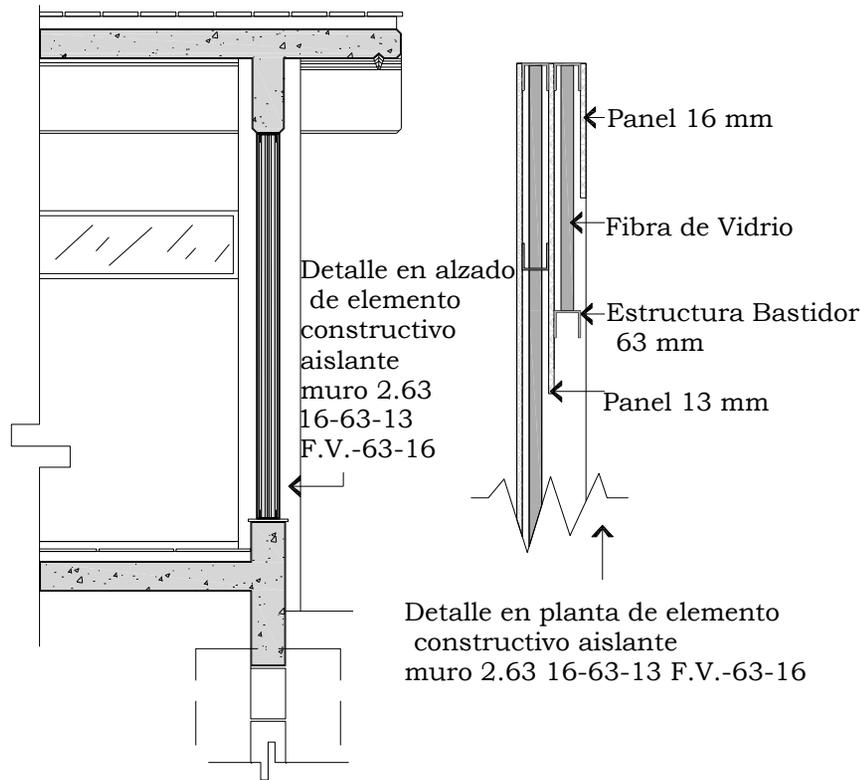


Figura 5.3 Muro para aislamiento.

La Figura 5.3 nos muestra un sistema de muro con una capacidad de aislamiento *STC* = 52 compuesto por tres paneles de tablaroca, dos de 16mm y uno central de 13mm, estructura interna de 63mm y fibra de vidrio. Este sistema es muy recomendado ya que las cajas eléctricas no requieren de una

posición específica y pueden coincidir en el mismo eje. No así en los sistemas de muros donde no existe un panel intermedio, en ese caso las instalaciones deben desfasarse como se observa en la Figura 5.1, con el fin de evitar la transmisión de ruido de un local a otro.

Tabla 5.14

Ejemplos	Presión sonora N/m^2	Nivel de presión sonora en dB	
Proyecto Atlas (a 100 m.)		Ensofecedor	194
Hélice de avión (a 5 m.)			130
Umbral del dolor	200		120
Umbral de sensibilidad	20		120
			110
Rayo (trueno)			100
Remachadora de acero (a 5 m.)		Muy fuerte	90
Camión ruidoso (a 5 m.)			85
Radio con gran volumen	2×10^{-1}	Fuerte	80
Calle con mucho tráfico			70
Automóvil (a 10 m.)	2×10^{-2}		60
Conversación (a 1 m.)	2×10^{-2}	Normal	50
Hogar tranquilo			40
Jardín silencioso			35
Tic-Tac de reloj pulsera	2×10^{-4}	Débil	30
			20
Umbral de la sensibilidad			10
Cuarto a prueba de ruido	2×10^{-5}		0

5.6 REFERENCIAS DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA.

Los siguientes niveles de presión sonora los podemos utilizar como referencia para el cálculo y la determinación de los niveles *STC* dependiendo de la ubicación de un espacio respecto a determinada fuente sonora.

5.7 LA CLASIFICACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO BRUTO.

Para comprender los límites del sonido es necesario relacionar dichos niveles con categorías que nos permitan clasificar los niveles sonoros de forma cualitativa, Tabla 5.15.

Tabla 5.15 Aislamiento acústico bruto.

Categoría	Sonidos Graves f100 315 Hz	Sonidos Medianos f400 a 1250 Hz	Sonidos Agudos f1600 a 5000 Hz
I (Muy Fuerte)	40 a 55 dB	58 a 62 dB	64 dB
II (Fuerte)	33 a 58 dB	51 a 54 dB	57 dB
III (Mediano)	25 a 40 dB	43 a 46 dB	49 dB
IVa (Débil)	21 a 36 dB	39 a 42 dB	45 dB
IVb (Muy Débil)	16 a 31 dB	34 a 37 dB	40 dB

Las categorías recomendables de aislamiento acústico bruto entre dos locales se establecen en la Tabla 5.16.

5.8 COLINDANCIA DE LOS LOCALES.

La vecindad favorable de los locales, desde el punto de vista acústico se muestra en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17 Vecindad favorable desde el punto de vista acústico.

Locales Adyacentes	Restaurante y cocina	Talleres	Gimnasio	Salón de juegos
Salón de juegos	*	*	*	IVb
Gimnasio	IVb	IVb	IVb	-
Talleres	IVb	IVb	-	-
Restaurant	IVb	-	-	-

* Combinaciones a evitar por razones funcionales.

5.9 LA CLASIFICACIÓN DE LAS PAREDES SEGÚN SU COEFICIENTE DE REDUCCIÓN *R*.

Las paredes o muros se clasifican dependiendo de su coeficiente de reducción del ruido, de esto depende dentro de que categoría entra o que tan beneficioso es acústicamente hablando, Tabla 5.18.

Tabla 5.18 Clasificación de las paredes.

Según su coeficiente de reducción (<i>R</i>)			
Categoría	Sonidos Graves f 100 a 315 Hz	Sonidos Medianos f 400 a 1250 Hz	Sonidos Agudos f 1600 a 5000 Hz
I Muy Fuerte	43 a 58 dB	61 a 64 dB	67 dB
II Fuerte	35 a 50 dB	53 a 56 dB	59 dB
III Mediano	26 a 41 dB	44 a 47 dB	50 dB
IVa Débil	21 a 36 dB	39 a 42 dB	45 dB
IVb Muy débil	16 a 31 dB	34 a 37 dB	40 dB

Se puede ver claramente en esta tabla que los ruidos agudos pasan más fácilmente el aislamiento que los ruidos graves.

Tabla 5.16 Aislamiento acústico bruto entre dos locales.

CATEGORÍAS RECOMENDABLES									
	Sala de lectura, Biblioteca	Clases, Administración	Circulaciones	Locales especiales dinámica limitada	Locales especiales dinámica relativamente elevada	Música	Locales especiales dinámica intensa	Sala polivalente	Restaurante
Construcciones adyacentes	II	II	III	II	III	III	III	III	III
Restaurant	III	III	IVb	III	IVb	IVb	IVb	IVb	IVb
Sala polivalente	II	III	IVb	III	III	III	III	III	III
Dinámica limitada	I	I	IIIo u IVb	II	II	II	II	II	II
Música	I	I	Io u II	II	II	II	II	II	II
Dinámica relativamente elevada	II	II	III	IVb	IVb	IVb	IVb	IVb	IVb
Dinámica intensa	II	II	III	IVb					
Circulaciones	II	III	--						
Clases y administración	II	III							
Lectura	III	IVa							

6. AISLAMIENTO DE IMPACTO (IMPACT ISOLATION CLASS).

El aislamiento de impacto, *IIC*, es la medida de la capacidad del entrepiso para bloquear la transmisión de ruido a través de la estructura hacia un espacio inferior.

6.1 VALORES RECOMENDABLES DE IMPACTO.

Cuando el valor de *IIC* es menor a 45 (medido sin alfombra) el ruido se transmite a través de la estructura provocando distracción en el espacio inferior (Figura 6.1).

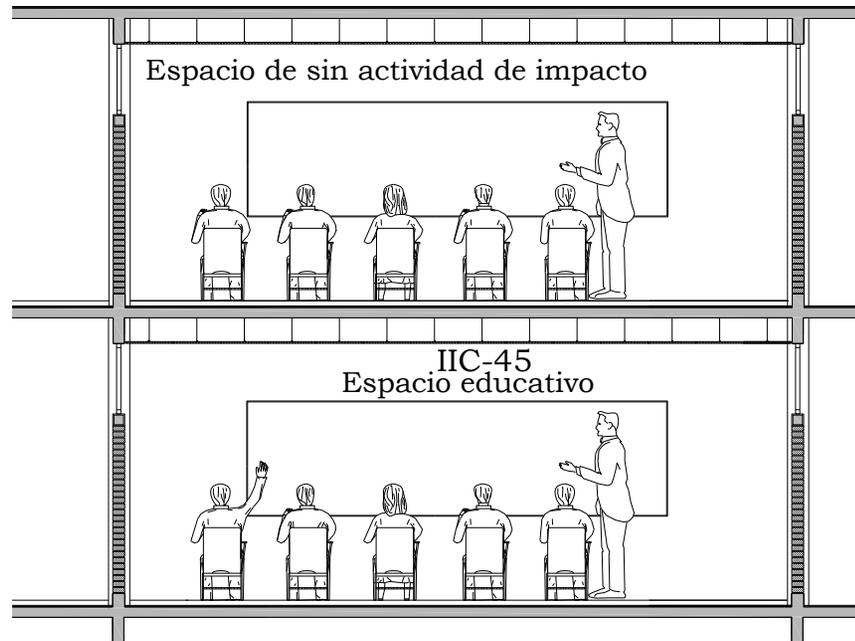


Figura 6.1 Sonido por impacto.

6.2 LOCALES NO APTOS.

No se debe localizar ningún espacio de alto impacto (gimnasio, salón danza, etc.) en el piso superior a un aula. En tales casos el valor de *IIC* debe ser por lo menos de 70 (Figura 6.2).

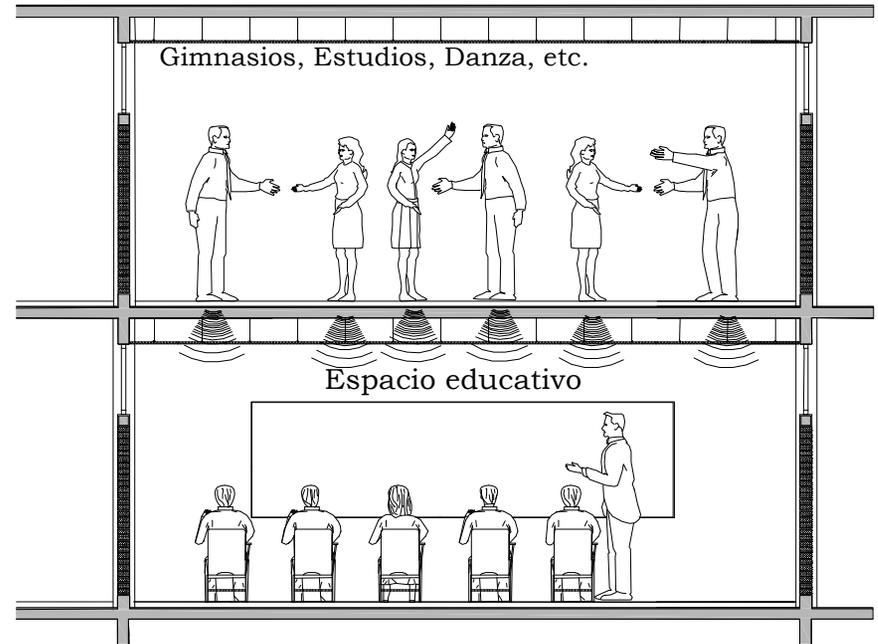


Figura 6.2 Locales superiores no aptos.

Para aumentar el nivel de *IIC* se pueden tomar varias medidas, entre ellas:

Tabla 6.1 Aumento de los niveles de aislamiento por impacto.

Tipo	Descripción
1	Utilizar un sistema de piso flotante con el fin de aislar los impactos en la estructura.
2	Utilizar un sistema de plafones duros suspendidos por sujetadores elásticos.
3	Colocar superficies como alfombras, bajo alfombras o pisos plásticos.
4	Aislar o proteger contra el impacto los elementos de la estructura que estén más expuestos a cualquier golpe propio del uso del local.

6.3 SISTEMAS DE PISO.

Se pueden utilizar sistemas de pisos flotantes con el fin de lograr los niveles de aislamiento deseados (figuras 6.3 y 6.4). En algunos casos, de acuerdo al criterio del especialista, si el espacio superior genera muy poco ruido por impacto, entonces se puede utilizar un sistema de alfombras (siempre con bajo alfombra). En el caso de que sí se requiera un aislamiento de 45, deberán utilizarse los sistemas de piso flotante, cuidando que los zoclos sean de vinil o materiales similares (elásticos) y en el caso de utilizar un sistema con capa de poliestireno, ésta no sea menor en su espesor a 2cm. En el caso de salones de alto impacto que se encuentren en la parte superior de un aula, se deberá considerar un sistema de muretes ligados al piso flotante, con el fin de contener los impactos horizontales.

6.3.1 Detalle de sistemas de pisos flotantes.

Es necesario aclarar que las recomendaciones para el acondicionamiento acústico, y en especial la construcción de pisos flotantes deben ser supervisadas por un especialista, con el fin de lograr el óptimo funcionamiento de los sistemas.

6.3.2 La clasificación de los pisos.

Según su poder de transmisión de ruidos de impacto los sistemas de piso se clasifican de acuerdo a la Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Clasificación de los pisos *

Categoría	Transmisión	Sonidos graves f100 a 315 Hz	Sonidos medianos f400 a 1250 Hz	Sonidos Agudos f1600 a 5000 Hz
I Bueno	<	53 dB	50 a 47 dB	43 a 39 dB
II Regular	<	63 dB	60 a 57 dB	53 a 49 dB
III Malo	<	73 dB	70 a 67 dB	63 a 59 dB

* Clasificación de pisos de acuerdo al poder de transmisión de ruido y de choque.

Las categorías recomendables en los pisos sometidos a ruidos de choque:

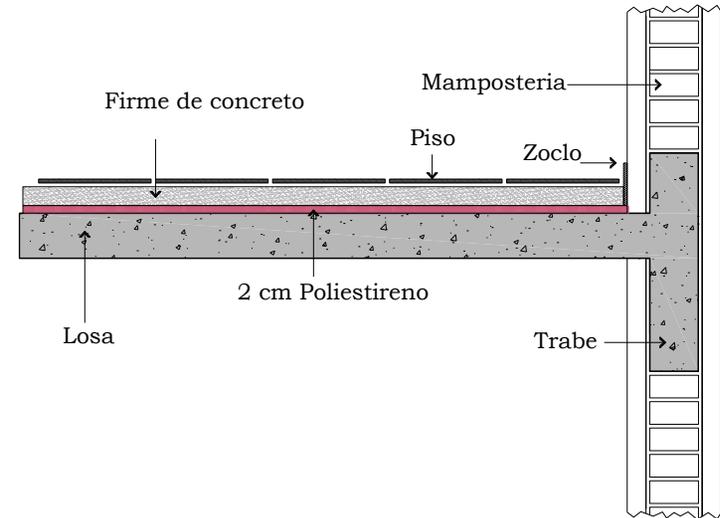


Figura 6.3 Sistema de piso flotante con poliestireno.

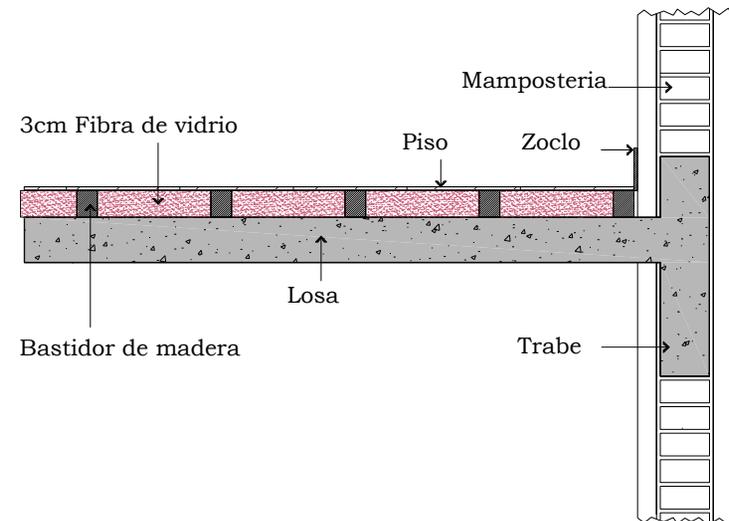


Figura 6.4 Sistema de piso flotante con fibra de vidrio.

Tabla 6.3 Pisos sometidos a ruidos de choque, (NBN 576.40) categorías recomendables.

Locales Superiores / Locales Inferiores	Sala de lectura y estudio	Clases de enseñanza media	Locales de clase	Locales de dinámica limitada	Locales de dinámica elevada	Música	Locales de dinámica intensa	Cafetería	Posición Preferente
Sala de lectura y estudio	II	II	II	II	I*	I	I*	II***	en alto
Clases de enseñanza media	II	II	II	II	I*	I	I*	II***	en alto
Locales de clase	III	III	III	III	I*	I	I*	II***	en alto
Locales de dinámica limitada	III	III	III	III	III	III	II*	III	abajo
Locales de dinámica elevada	III	III	III	III	III	III	III	III	abajo
Música	III**	III**	III**	II	II	II	II*	II***	abajo
Locales de dinámica intensa	III	III	III	III	III	III	III	III	abajo
Sala polivalente	III	III	III	III	III	II	II	III	siempre P.B.
Cafetería	III	III	III	III	III	III	III	III	siempre P.B.

* Combinaciones a evitar por razones funcionales.

** Por razón de ruidos exteriores el local de música se debe situar en los pisos superiores.

*** Puede ser reducido a la categoría III en caso de que la cafetería sea de auto servicio.

7. COMPROBACIÓN DE LOS NIVELES DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EN LOS ESPACIOS.

La comprobación de los niveles debe ser efectuada con el fin de asegurar que se cumplan con los estándares antes descritos. De ser posible se medirán los niveles de ruido de fondo, el tiempo de reverberación, los niveles *STC* y *IIC* para un excelente diseño acústico.

7.1 CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN RECINTOS DONDE SE GENERE RUIDO.

Los espacios educativos más expuestos a ruidos son los talleres. Las máquinas pueden generar ruidos continuos de gran intensidad los cuales pueden afectar la capacidad auditiva de los alumnos y maestros. Por lo anterior debe considerarse la aplicación de la norma oficial mexicana NOM-011-STPS-2001: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

La exposición continua al ruido provoca pérdida de la capacidad auditiva, estrés en los alumnos y personal en general, pérdida de importantes instrucciones de seguridad, pérdida temporal de la audición, etc. Por ello es que existen límites máximos de exposición en tiempo de acuerdo a la presión acústica a la que se está expuesto.

De acuerdo a la norma *NOM-011-STPS-2001* los límites máximos de exposición al ruido son los siguientes:

Tabla No. 31 Límites máximos permisibles de exposición.

NER	Tiempo
90 dB (A)	8 horas
93 dB (A)	4 horas
96 dB (A)	2 horas
99 dB (A)	1 hora
102 dB (A)	30 minutos
105 dB (A)	15 minutos

La determinación del *NER* se realizará de acuerdo a lo establecido en la norma *NOM-011-STPS-2001*. Del mismo modo deberá

preverse en los alumnos y personal que utilicen estos espacios usen protecciones adicionales tales como:

- a) Tapones cilíndricos: Los tapones son esponjosos, se ajustan de forma sencilla aplicando presión o se pueden moldear antes de introducirlos. Una vez dentro estos tapones se expanden y de esta forma se ajustan para un mejor aislamiento del ruido exterior. (Son desechables).
- b) Tapones moldeados: Los tapones son de material flexible y se ajustan al oído perfectamente ya que se usan diferentes tamaños, debiéndose usar el correcto para cada anatomía. Una de las ventajas de estos tapones es que son reutilizables y pueden lavarse.
- c) Protectores auriculares: Estos tapones tienen forma de audífonos, contienen una banda ajustable a la cabeza con dos copas de almohadillas que sellan alrededor del oído. Los tapones se pueden usar debajo de las almohadillas para mayor protección. Este tipo de protectores es recomendable cuando los tiempos de exposición son muy prolongados ya que son más cómodos.

Nota: Los protectores de los oídos deben usarse cuando el nivel del ruido es mayor a 85 decibeles.

7.2 CONDICIONES Y COMPROBACIÓN.

Una vez terminada la obra deberán medirse los niveles de aislamiento resultantes así como el balance de las frecuencias de ser requerido en dicho espacio. Dichas mediciones deberán realizarse con sonómetros que cumplan con las características de la norma oficial mexicana *NOM-011-STPS-2001*.

Para medir la velocidad de equipo en movimiento, (motores, extractores, etc.) deberán utilizarse tacómetros con el fin de obtener resultados confiables, y no deberá tomarse como referencia la especificación de *RPM* contenida en el texto de especificaciones del motor.