



1.2.

# Barreras acústicas

Josep Martí Carceller  
dBplus consultores acústicos  
[jmarti@dBplusacoustics.com](mailto:jmarti@dBplusacoustics.com)



Documentación:

Ivana Rossell  
Josep Martí Carceller

# Índice

- Introducción
- Atenuación del sonido en ambiente exterior
  - El sumatorio de atenuaciones
  - Atenuación por divergencia geométrica de la fuente
    - Fuentes puntuales
    - Fuentes puntuales alineadas
    - Fuentes lineales
    - Fuentes planas
  - Atenuación debida al medio de propagación
    - Atenuación por absorción atmosférica
    - Impedancia característica del medio
    - Gradientes de viento y temperatura
  - Atenuación por elementos del escenario
    - Atenuación por absorción del terreno
    - Atenuación por absorción de la vegetación
    - Atenuación por obstáculos y barreras

# Índice

## **Atenuación por obstáculos y barreras**

1. La difracción sonora
2. Pantallas acústicas
  - 2.1 Definiciones
  - 2.2 Criterios de diseño
  - 2.3 Métodos de cálculo de la atenuación de una barrera
  - 2.4 Clasificación

# Índice

## Atenuación por obstáculos y barreras

### 1. La difracción sonora

#### 2. Pantallas acústicas

##### 2.1 Definiciones

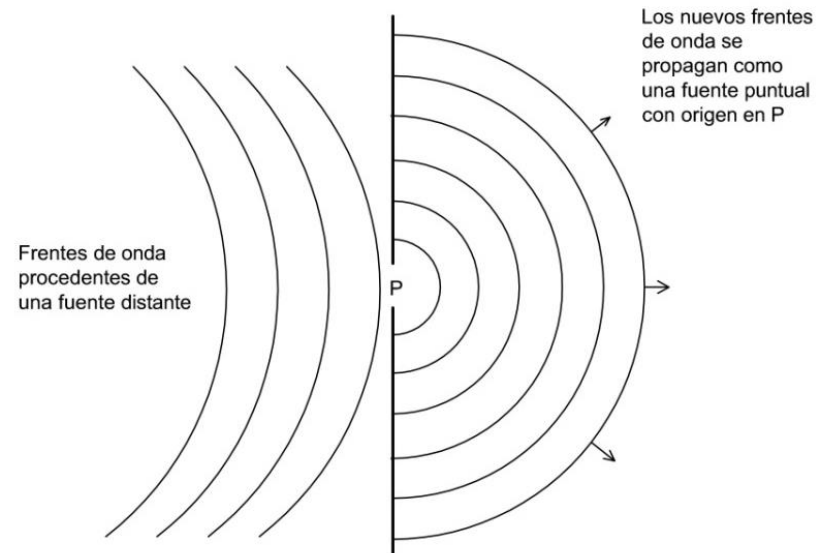
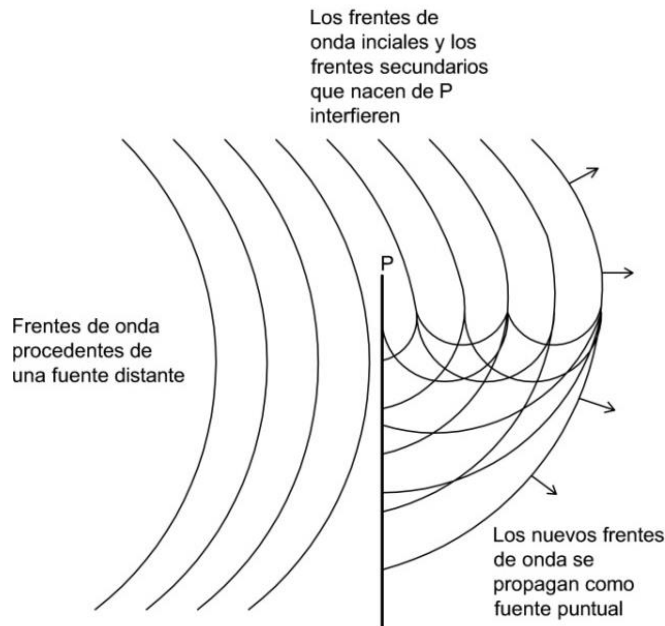
##### 2.2 Criterios de diseño

##### 2.3 Métodos de cálculo de la atenuación de una barrera

##### 2.4 Clasificación

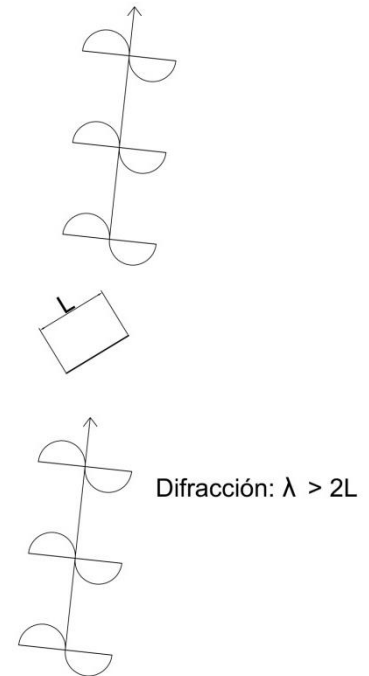
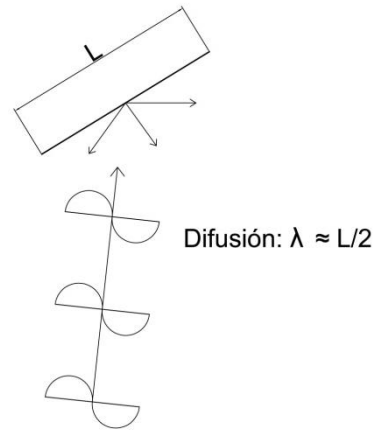
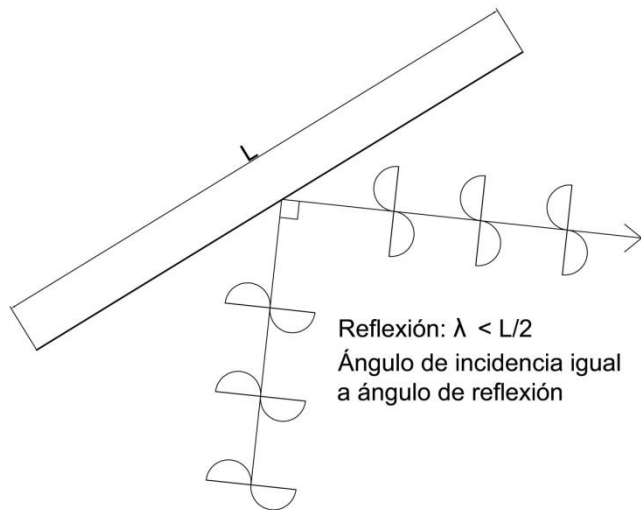
# La difracción sonora

Podría definirse como la propiedad de la onda sonora a envolver o rodear un obstáculo. El efecto de difracción depende de la frecuencia de la onda considerada, es decir, según la longitud de onda y de las dimensiones del obstáculo.



# La difracción sonora

Relación entre tamaño del obstáculo (L) y longitud de onda incidente ( $\lambda$ )



# Índice

## Atenuación por obstáculos y barreras

1. La difracción sonora
2. Pantallas acústicas

### 2.1 Definiciones

2.2 Criterios de diseño

2.3 Métodos de cálculo de la atenuación de una barrera

2.4 Clasificación

# Definiciones

## **Definición según ISO 9613-2:**

El efecto de un objeto que obstruye la propagación del sonido debería tenerse en cuenta si sus propiedades son:

- Densidad superficial superior a  $10\text{Kg/m}^2$   
(La bibliografía más común suele recomendar  $m > 20\text{Kg/m}^2$ )
- El objeto es una superficie cerrada sin aperturas ni ranuras significativas.
- La dimensión horizontal (perpendicular a la línea que forman fuente-receptor) es superior a la longitud de onda de la frecuencia central de la banda de interés.

Cualquier objeto con estas características podrá ser considerado una barrera en la que la difracción se da exclusivamente por la arista superior



# Definiciones

## **IL: *Insertion Loss***

Pérdidas por inserción: Es la diferencia de nivel de presión sonora, en función de la frecuencia, en un punto receptor, antes y después de interponer entre la fuente y este receptor, un obstáculo determinado:

$$IL = SPL_1 - SPL_2$$

## **TL: *Transmission Loss***

Pérdidas por transmisión: Se calculan en función del coeficiente de transmisión, que determina la relación entre la energía que incide en una superficie y la energía transmitida a través de ella:

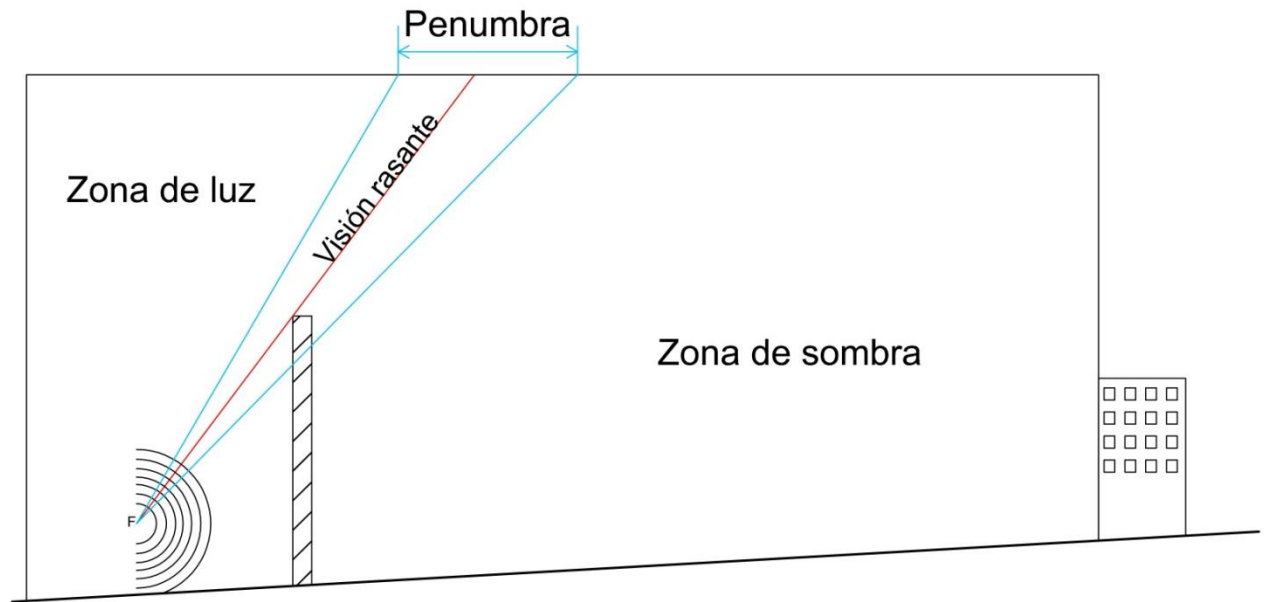
$$TL = 10 \log (1 / \tau)$$

$$\tau = \frac{E_t}{E_i}$$

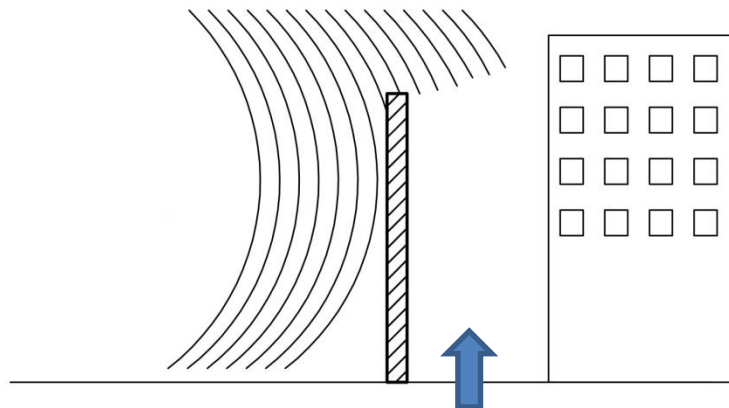
[-Porqué exigen a una barrera una  \$m > 10 \text{Kg/m}^2\$ ?](#)

# Definiciones

Zonas acústicas delimitadas por una barrera:

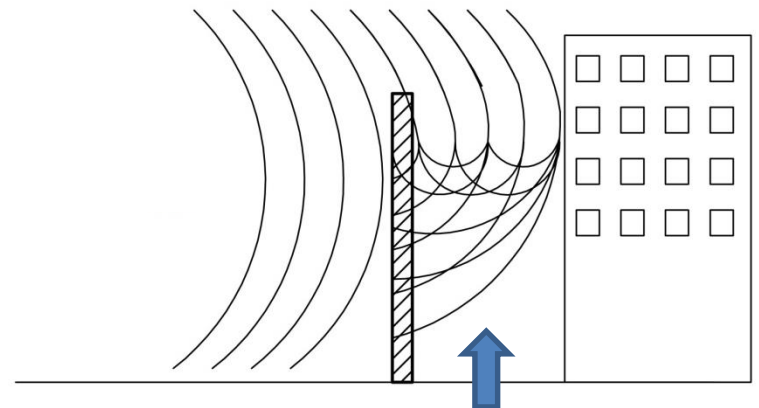


Altas frecuencias



La barrera provoca  
sombra acústica

Bajas frecuencias



No hay sombra acústica debido  
a la capacidad de difracción

# Índice

## Atenuación por obstáculos y barreras

1. La difracción sonora

2. Pantallas acústicas

2.1 Definiciones

[2.2 Criterios de diseño](#)

2.3 Métodos de cálculo de la atenuación de una barrera

2.4 Clasificación

# Criterios de diseño

**Para diseñar una barrera técnicamente correcta, tendremos que dotarla de:**

- Una altura suficiente (compromiso eficacia acústica/coste)
- Una longitud suficiente (mejor si puede considerarse semiinfinita respecto receptor/es)
- Una localización correcta (cercana a la fuente, cumpliendo normas seguridad)
- Evitar reflexiones no deseadas (barreras absorbentes)
- Resolver adecuadamente las interrupciones y extremos de la barrera

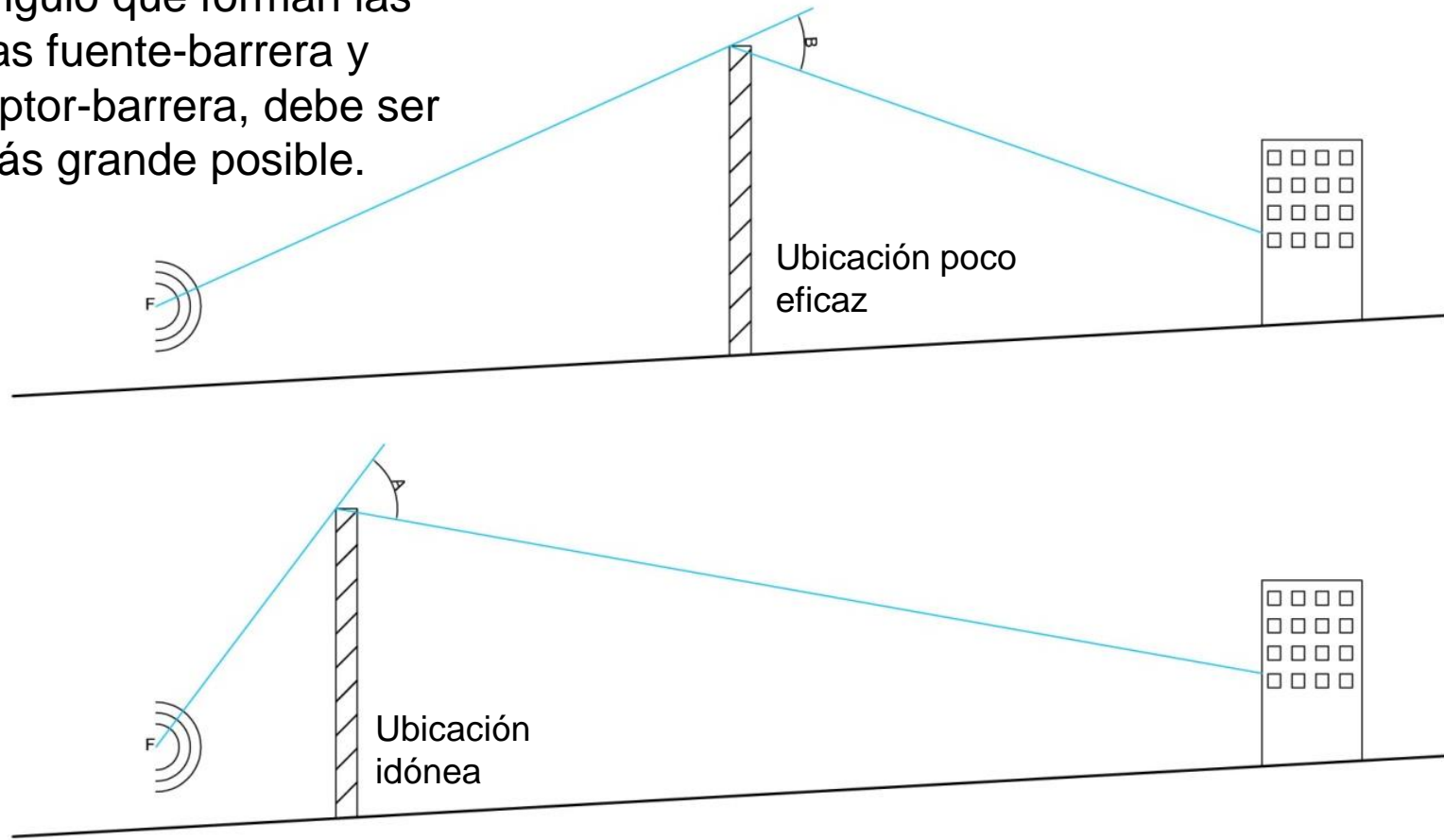
**Recordaremos:**

- Atenuación real de una barrera  $< 20$  dB (límite empírico). La atenuación es altamente dependiente de la frecuencia.
- La forma de la arista superior de la barrera puede ayudar a aumentar sensiblemente su atenuación.

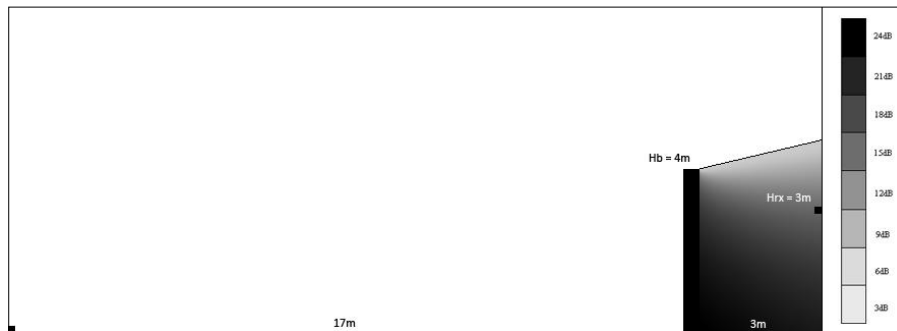
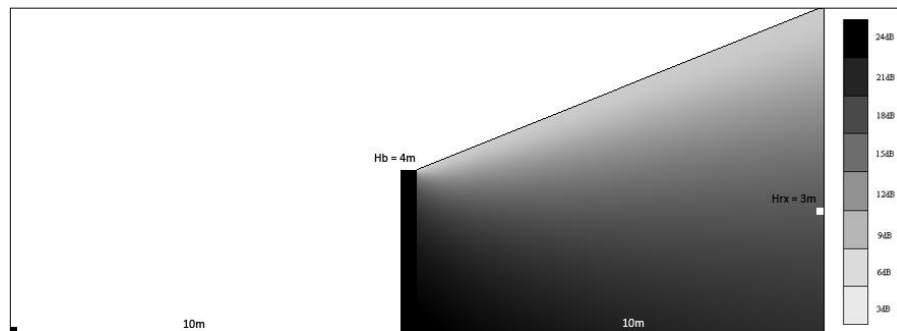
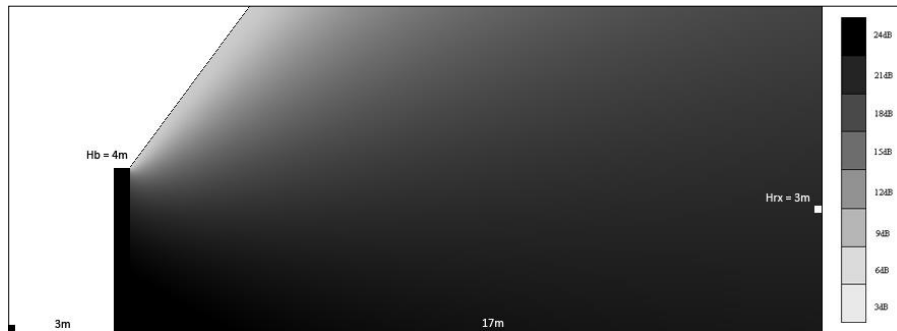
# Criterios de diseño

## Importancia de la geometría:

El ángulo que forman las rectas fuente-barrera y receptor-barrera, debe ser lo más grande posible.



# Criterios de diseño



Ref. [7]: dBplus consultores acústicos

**Importancia de la geometría:**  
caso práctico: un mismo escenario  
con distinta ubicación de la  
barrera, Representación de  
 $IL(1Khz)$

**Barrera próxima a la fuente:**  
 $IL(1Khz) = 20.0dB$

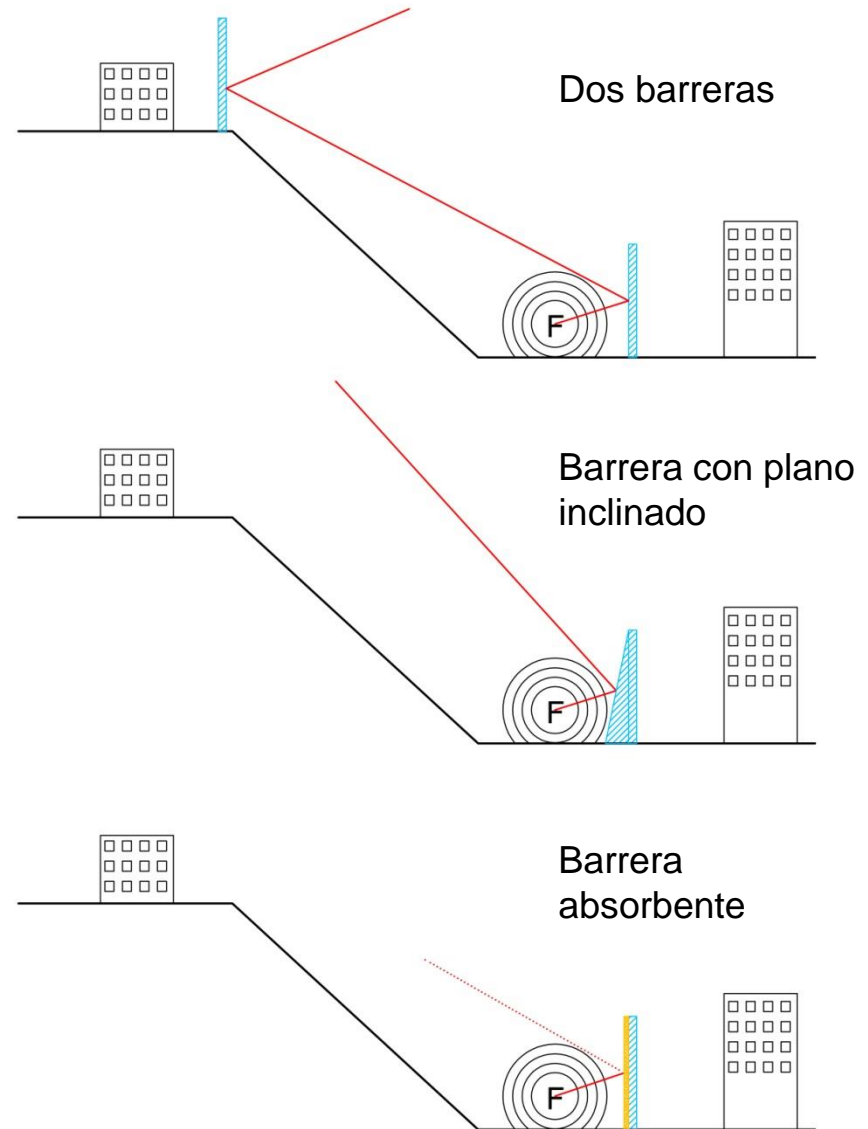
**Barrera en situación equidistante:**  
 $IL(1Khz) = 15.8dB$

**Barrera próxima al receptor:**  
 $IL(1Khz) = 14.2dB$

# Criterios de diseño

## Importancia de las reflexiones que nos crea una barrera:

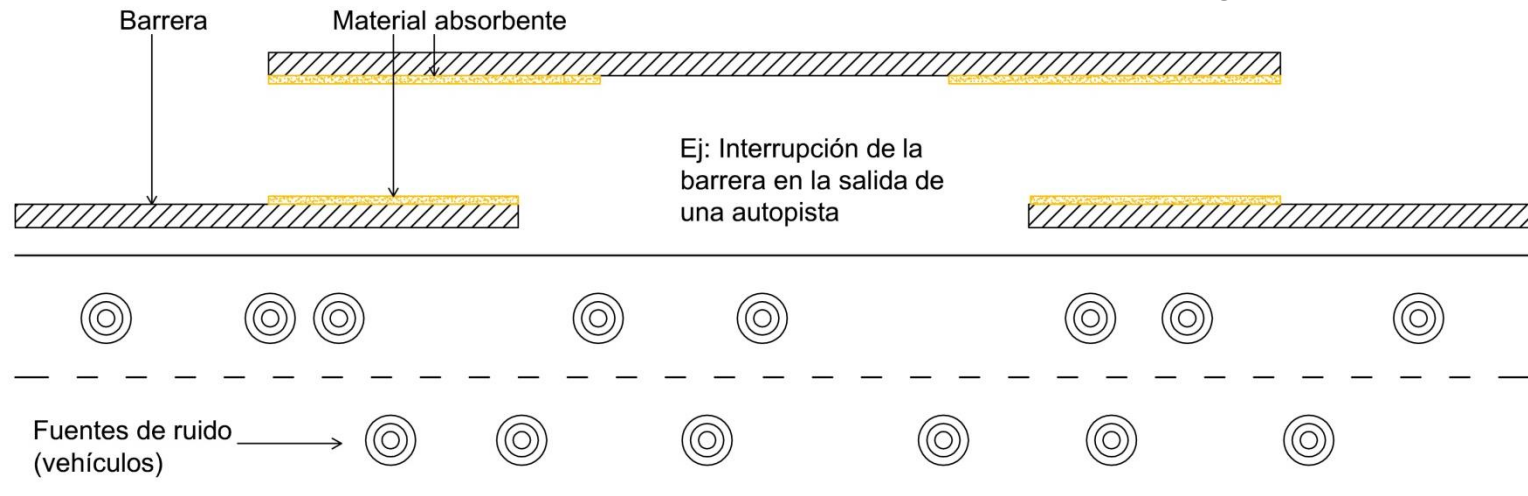
Debido a las condiciones a las que van a estar expuestas, no siempre es posible colocar elementos porosos o fibrosos a cara vista en barreras acústicas, ya que la acción de la intemperie acabaría rápidamente con sus propiedades, pero si son usualmente colocados en barreras compuestas entre dos placas perforadas resistentes.



# Criterios de diseño

## Interrupciones y extremos de la Barrera

Cualquier interrupción que tenga la barrera podrá ser causa de una disminución drástica de su eficacia, por lo que allí donde sea imposible evitarlas deben de tratarse de forma adecuada. Se debe dificultar el camino de entrada del ruido al interior de la zona protegida.



Para ver la importancia del tratamiento de los extremos de la barrera bastará recordar que esta es en realidad un muro vertical que dificulta la propagación del ruido, pero que también dificulta la libre circulación del viento. Este hecho puede producir una variación muy brusca del viento entra la zona con barrera y la que no. Para graduar dicha variación la terminación del muro puede ser dotada de una disminución gradual de la altura. Cuando un vehículo abandona la zona protegida por la barrera, el nivel sonoro que recibe un receptor situado en el extremo de la barrera sufre un aumento brusco; si la terminación de la barrera es suave, la transición es más suave y la posible percepción de molestia disminuye (aunque no el nivel de presión).



# Índice

## Atenuación por obstáculos y barreras

1. La difracción sonora

2. Pantallas acústicas

2.1 Definiciones

2.2 Criterios de diseño

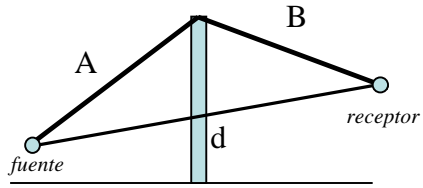
[2.3 Métodos de cálculo de la atenuación de una barrera](#)

2.4 Clasificación

# Métodos de cálculo

## CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN DE UNA BARRERA: Método de Fresnel

El análisis se realiza a partir de resultados experimentales y de la consistencia de estos datos con la teoría de la difracción óptica de **Fresnel**. Este análisis se realiza por separado para fuentes puntuales y lineales. Para fuentes puntuales la atenuación producida por una barrera viene dada por



$$IL = 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\operatorname{tgh} \sqrt{2\pi N}} + 5 \quad N > 0$$
$$IL \in [0,5] \quad -0.2 < N < 0$$
$$IL = 0 \quad N \leq -0.2$$

Ref. [1]: L. L. Beranek & I. L. Vèr  
*Noise and Vibration Control Engineering*

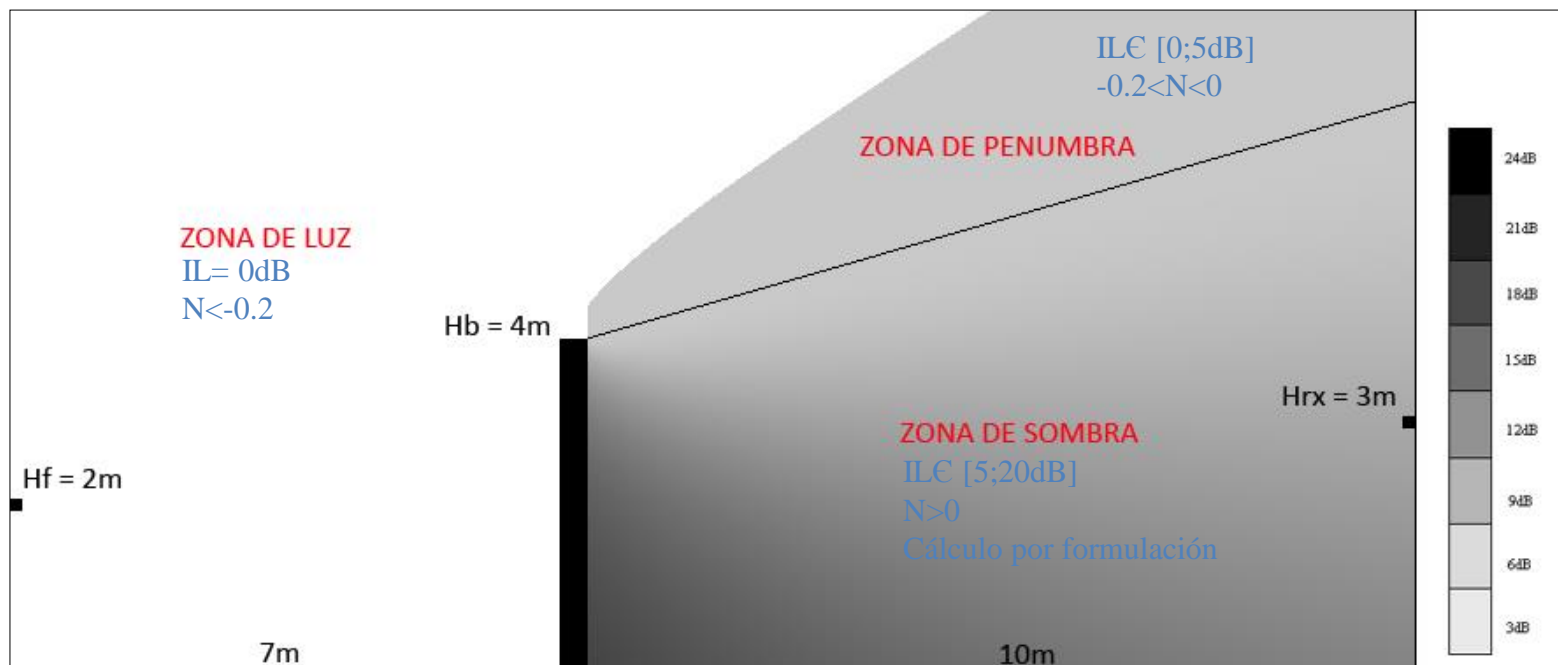
donde  $N$  es el número de Fresnel: 
$$N = \pm \frac{2}{\lambda} (A + B - d)$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda del sonido,  $d$  el camino directo entre fuente y observador,  $A+B$  es el camino recorrido al salvar la barrera entre fuente y observador,  $+$  si el observador está en la zona de sombra y  $-$  si el observador está en la zona de luz.

# Métodos de cálculo

En la zona de luz  $N < -0.2$  no hay atenuación, mientras que en la **zona de penumbra** o transición a la zona de sombra, la atenuación puede suponerse de **0 a 5 dB**. En la **zona de sombra** la atenuación puede oscilar en un rango de valores comprendido entre **5 dB y 20 dB** para cada banda estudiada. Este límite práctico es el resultado de gran número de experiencias.

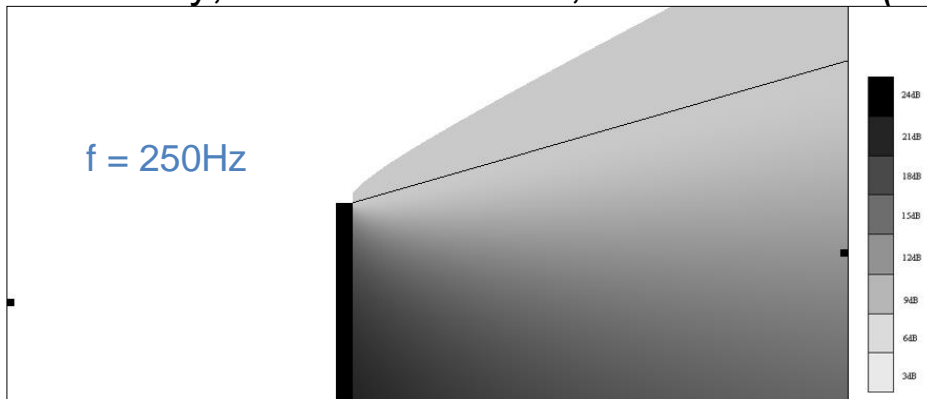
Ejemplo práctico: IL aplicando la teoría de Fresnel,  $f=125\text{Hz}$



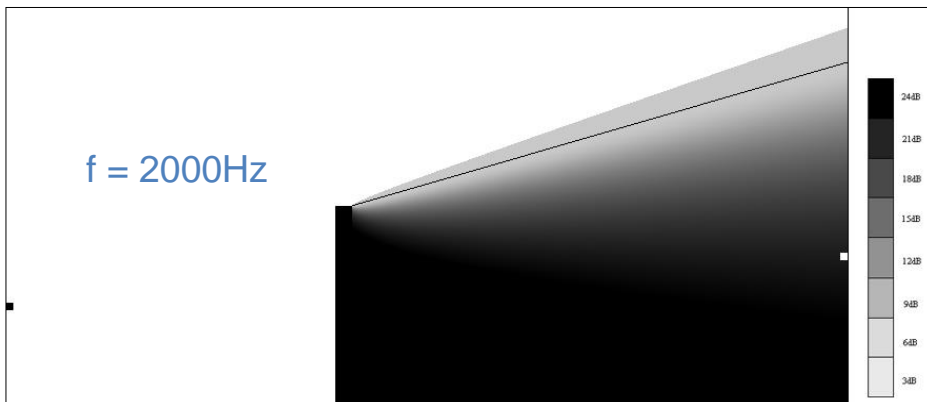
Ref. [7]: *dBplus consultores acústicos*

# Métodos de cálculo

El número de Fresnel ( $N$ ) depende de la longitud de onda ( $\lambda$ ), por lo tanto cuando más baja es la frecuencia, más grande es la zona de penumbra de la barrera ( $N$  disminuye). Este fenómeno se debe al efecto de la difracción que sufre el sonido al encontrarse con un obstáculo y, del mismo modo, la atenuación ( $IL$ ) aumenta con la frecuencia.



Las zonas más oscuras de la imagen representan los puntos con más atenuación.



La zona de penumbra a alta frecuencia es mucho menor que a baja.

Ref. [8]: dBplus consultores acústicos

# Métodos de cálculo

Para fuentes sonoras lineales paralelas al eje de la barrera, la atenuación puede calcularse con la misma ecuación, pero sustituyendo  $N$  por  $N_{\max}$  donde

$$N_{\max} = \pm \frac{2}{\lambda} (A' + B' - d')$$

Ref. [1]: L. L. Beranek & I. L. Vèr  
*Noise and Vibration Control Engineering*

donde  $d'$  es la distancia entre fuente y observador en el plano de proyección perpendicular a la barrera y  $A' + B'$  es el camino recorrido entre fuente y observador en este plano de proyección perpendicular a la barrera.

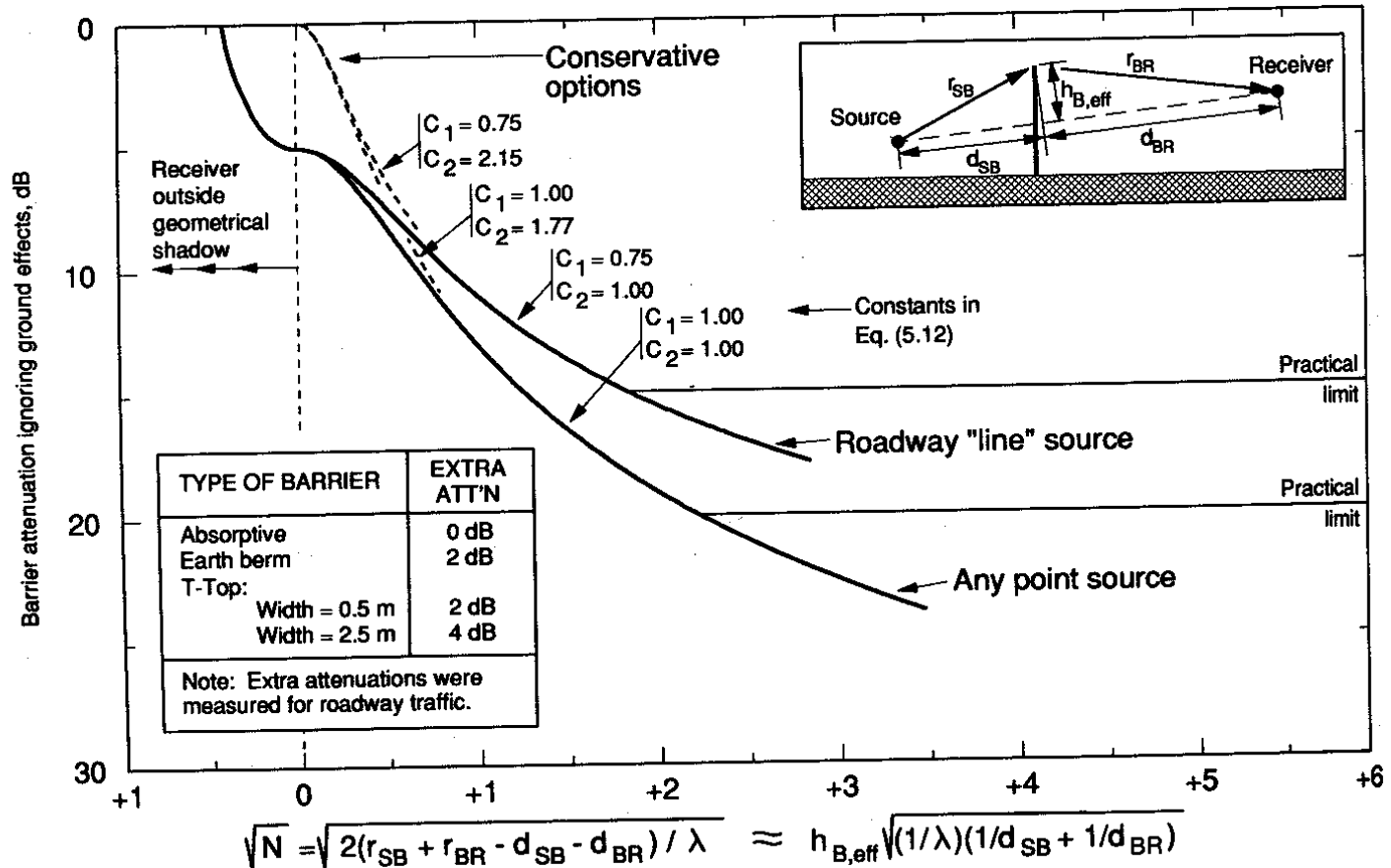
El límite empírico de atenuación de una barrera para una fuente lineal es inferior que para fuentes puntuales, situándose sobre los 15dB. No obstante, si tanto fuente como observador son muy cercanos a la barrera deberemos incrementar la atenuación con un término:

$$10 \log \left( \frac{A' + B'}{d'} \right)$$

Ref. [1]: L. L. Beranek & I. L. Vèr  
*Noise and Vibration Control Engineering*

Para barreras finitas (con más de una arista) deberemos calcular la aportación de nivel de presión sonora independientemente por cada arista y sumar la contribución total.

# Métodos de cálculo



Ref. [1]: L. L. Beranek & I. L. Vèr  
Noise and Vibration Control Engineering

## Ábaco de atenuación de Fresnel (fuentes puntuales y lineales)

# Métodos de cálculo

## Cálculo de la atenuación de una barrera según Maekawa:

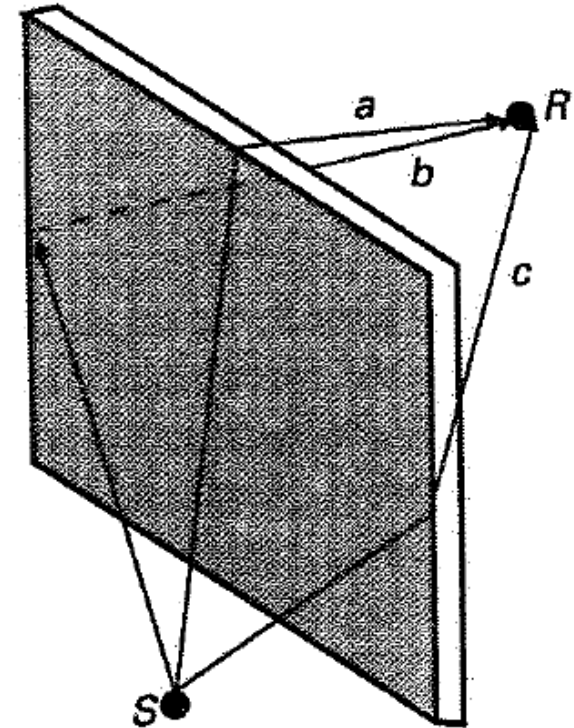
Fórmula de Maekawa: Útil en campo libre y en campo reverberante (moderado) añadiendo unas “correcciones”:

Para campo libre; barrera semiinfinita (sólo llega sonido por difracción por la arista superior)

$$IL = 10 \log \frac{1}{D} \quad D = \frac{\lambda}{3\lambda + 20\delta}$$
$$\delta = (A + B) - d$$

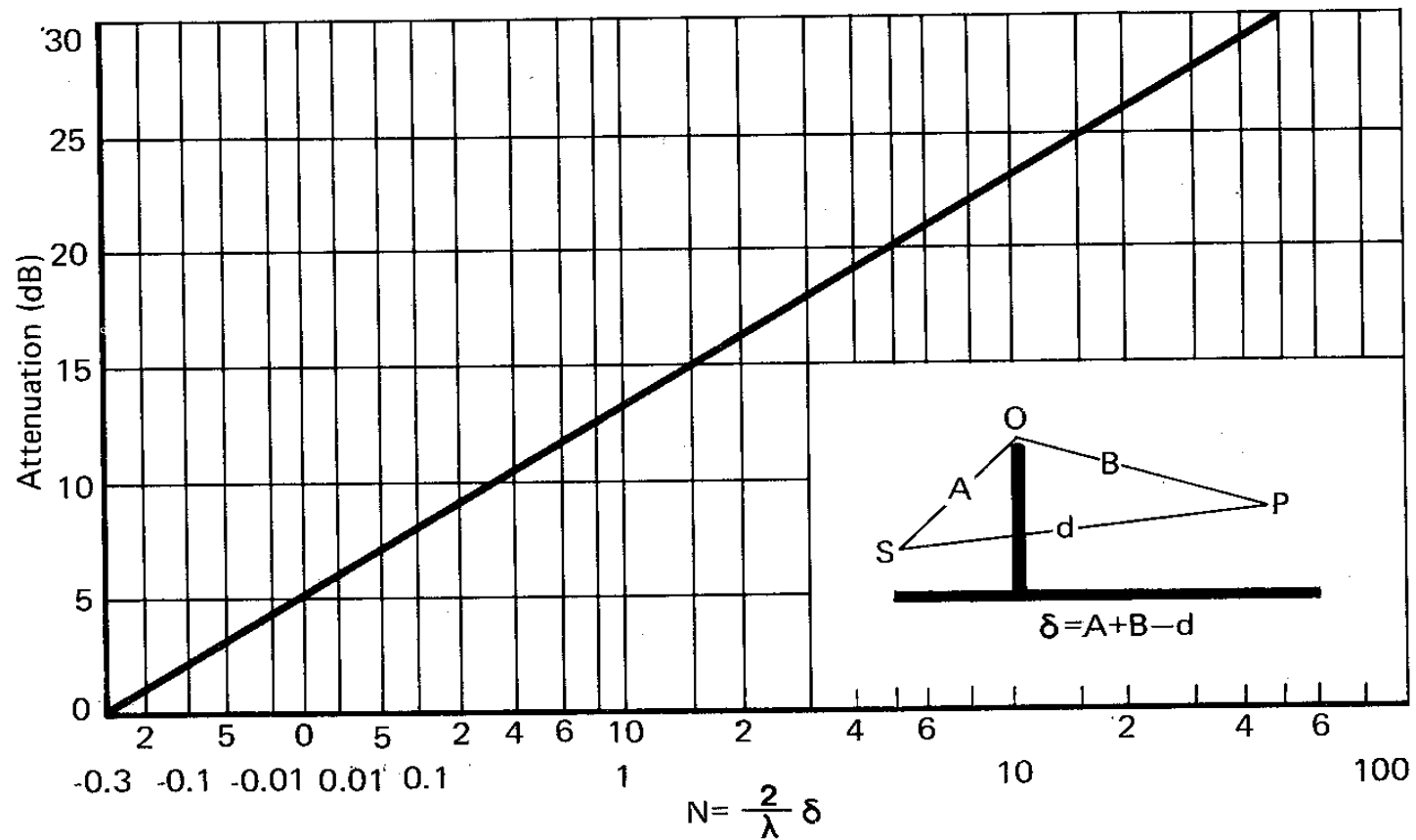
Si tenemos contribución de más de una Arista (barrera de longitud finita), hasta  $n$  aristas, la fórmula permite un cálculo conjunto:

$$D = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda}{3\lambda + 20\delta_i}$$



Ref. [3]: C.M. Harris  
*Manual de medidas acústicas y control del ruido*

# Métodos de cálculo



Ref. [2]: Z. Maekawa  
*Noise reduction by screens*

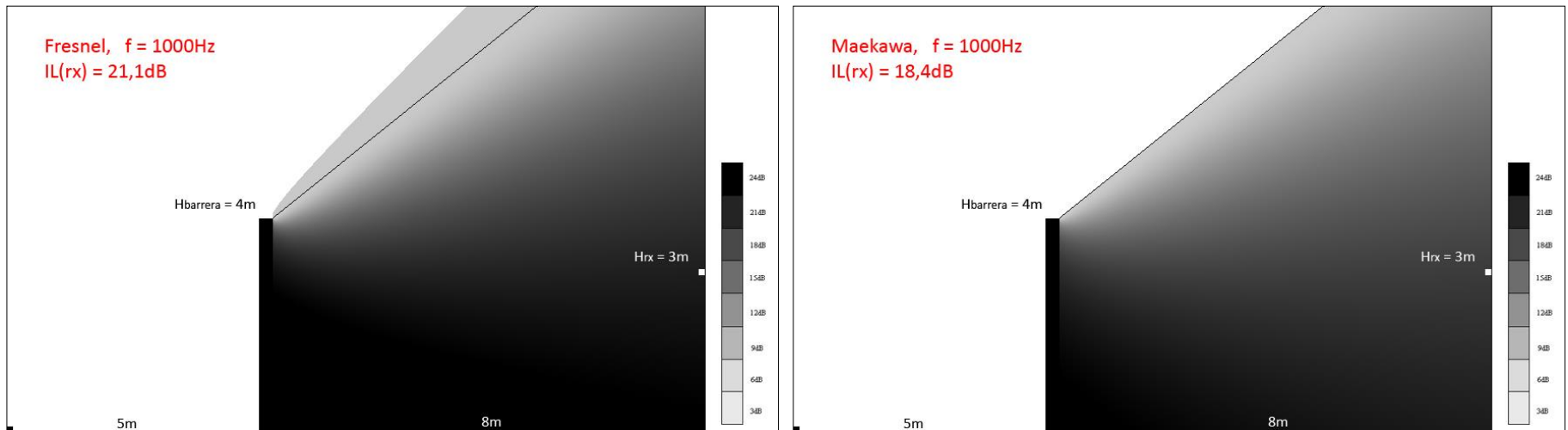
**Ábaco de atenuación Maekawa**



# Métodos de cálculo

## Comparativa de las teorías de Fresnel y Maekawa

*Ejemplo:* comparativa en un mismo escenario:



Ref. [7]: dBplus consultores acústicos

f	125	250	500	1000	2000	4000
IL(rx) Fres.	12,3dB	15,1dB	18,1dB	20dB	20dB	20dB
IL(rx) Mae.	10,5dB	12,9dB	15,5dB	18,4dB	20dB	20dB

# Métodos de cálculo

## **Efecto de la forma de las arista superior:**

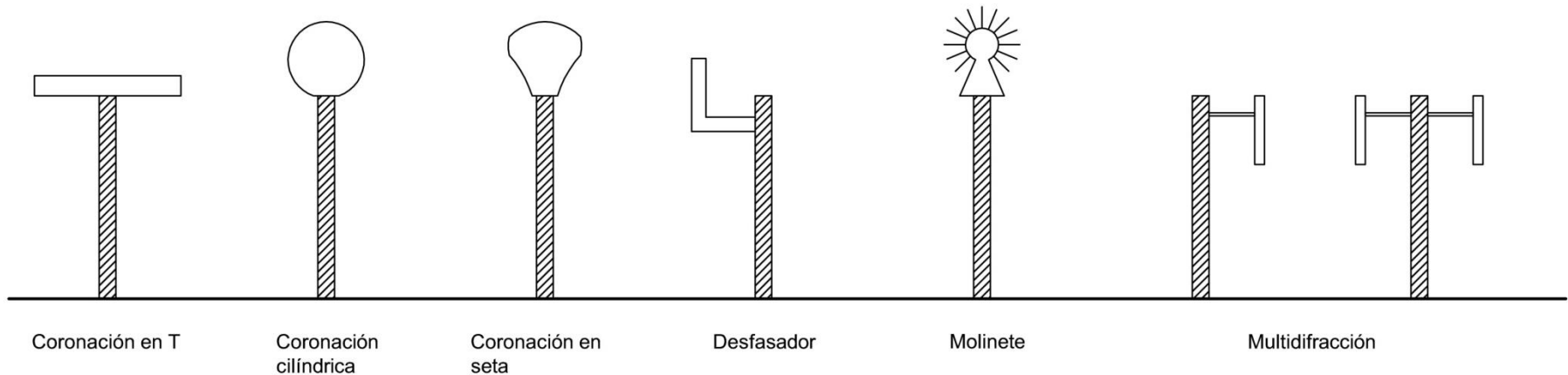
Estos elementos están hechos de hormigón, de planchas metálicas perforadas con absorbente en su interior o materiales similares.

Algunos de ellos como el de forma de seta, aprovecha las cavidades para introducir elementos resonadores. No cualquier material o diseño es bueno, y para según que formas, estos elementos no deben ser de material duro.

Ejemplo: una barrera de tipo T de 3m de altura con una coronación de un metro de longitud puede causar un aumento de 2-3dB(A) a la IL total cosa que corresponde a un aumento de 1m de barrera. (sería equivalente a una barrera de 4 metros sin coronación).

# Métodos de cálculo

## Formas de aristas superiores:



Mediciones realizadas con distintas coronaciones indican que las pérdidas por inserción pueden aumentar entre 2 y 3dB, incrementando de este modo el límite empírico a cada frecuencia hasta los 22 – 23 dB. Se puede conseguir un poco más de atenuación si en la coronación se introduce material absorbente, ya que a las pérdidas por inserción se le suma la energía absorbida por el material. En este caso, las medidas indican un aumento de la eficacia de hasta 4 – 5 dB.

# Métodos de cálculo



Ref. [7]: *dBplus consultores acústicos*

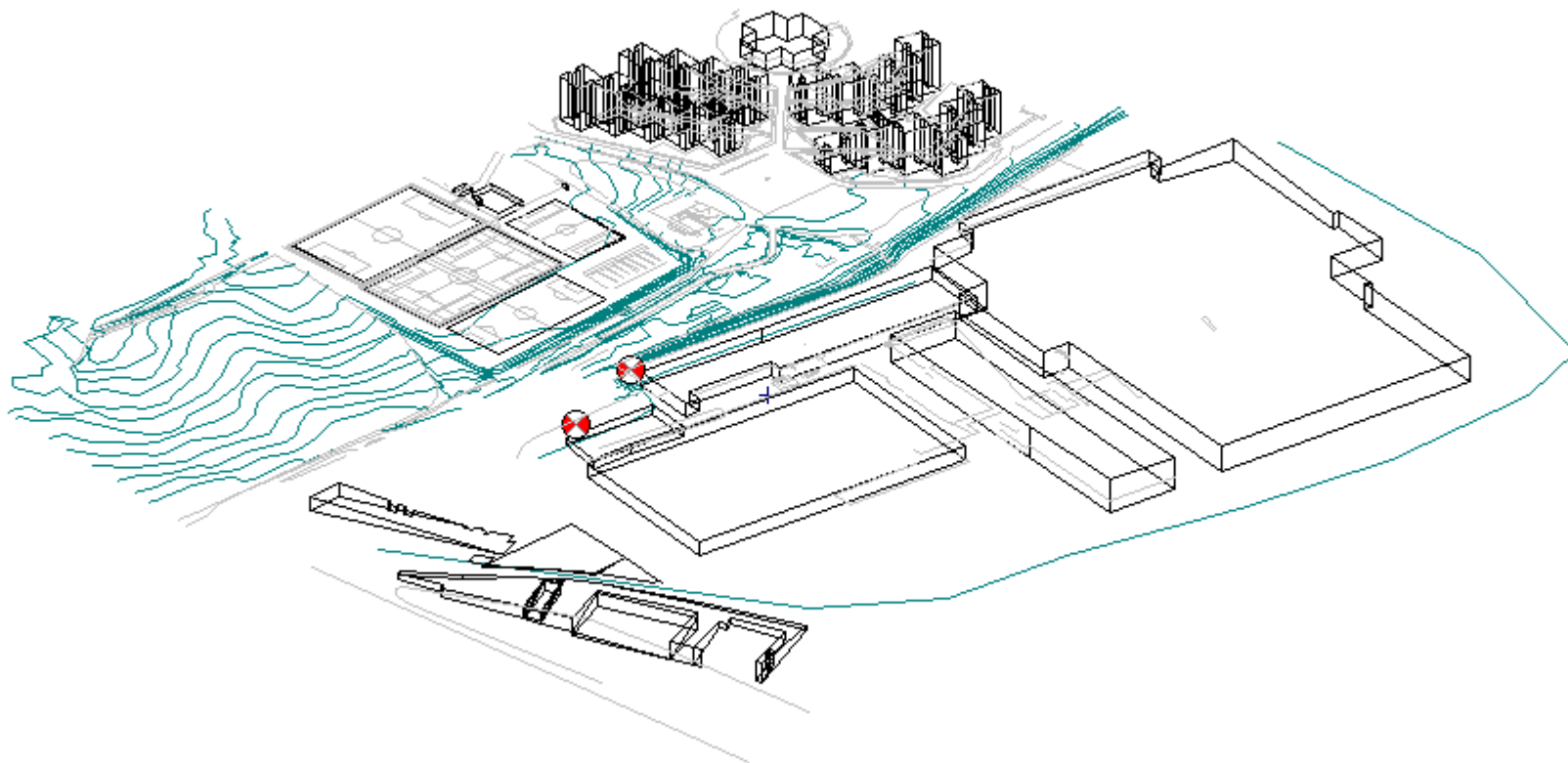


Ref. [9]: *Kingsland Section, Northwestern Cycle VI*  
*Wikimedia Commons*



Ref. [10]: *Geluidswal 123*  
*Wikimedia Commons*

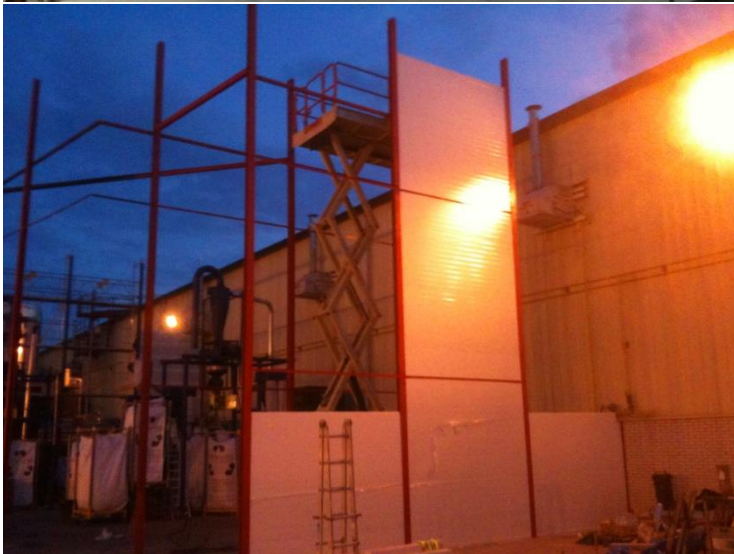
# Métodos de cálculo



Ref. [7]: *dBplus consultores acústicos*

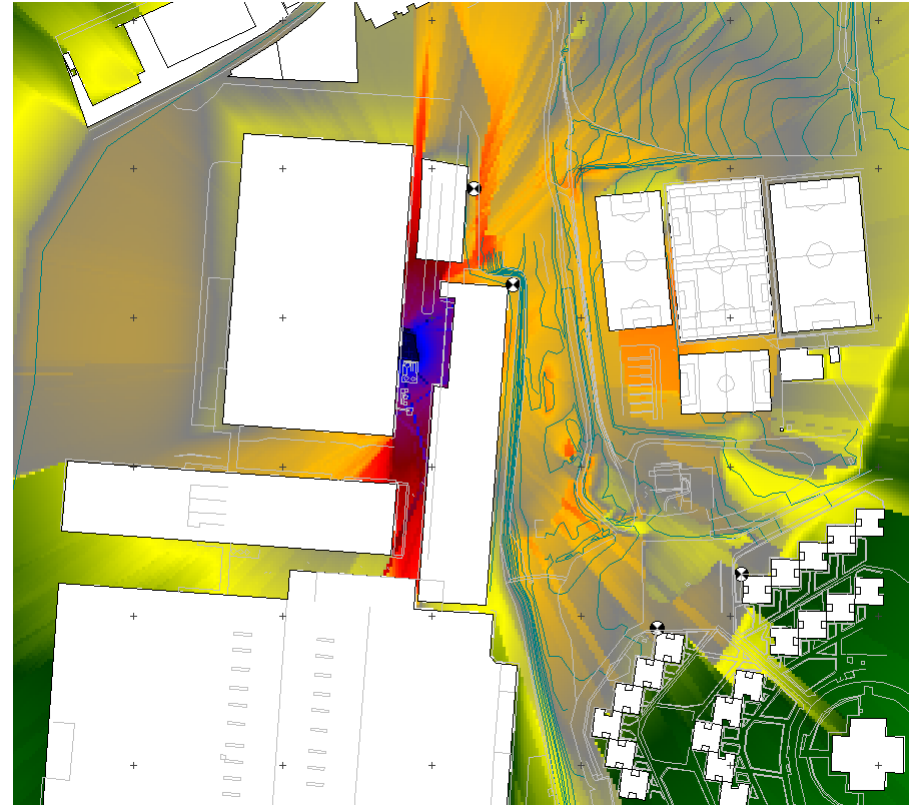
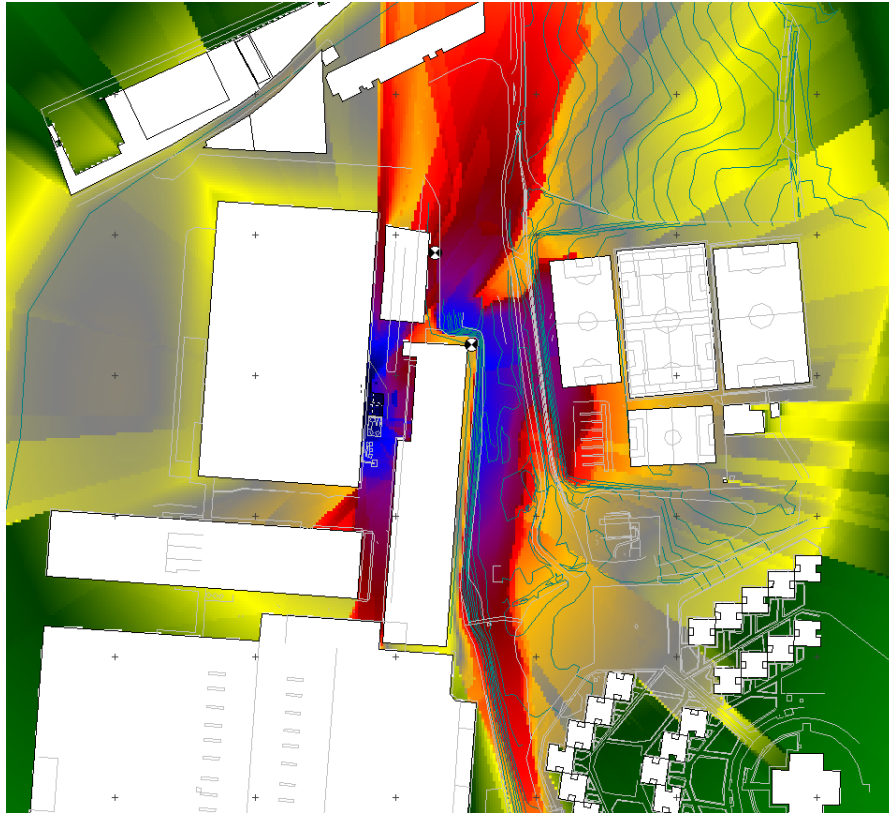


# Métodos de cálculo



Ref. [7]: *dBplus consultores acústicos*

# Métodos de cálculo

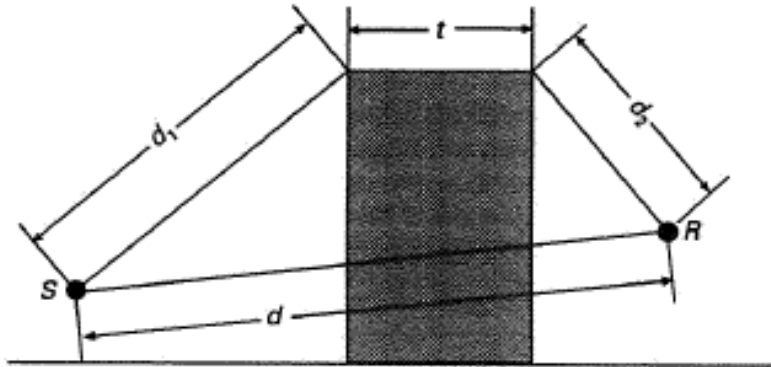


Ref. [7]: *dBplus consultores acústicos*

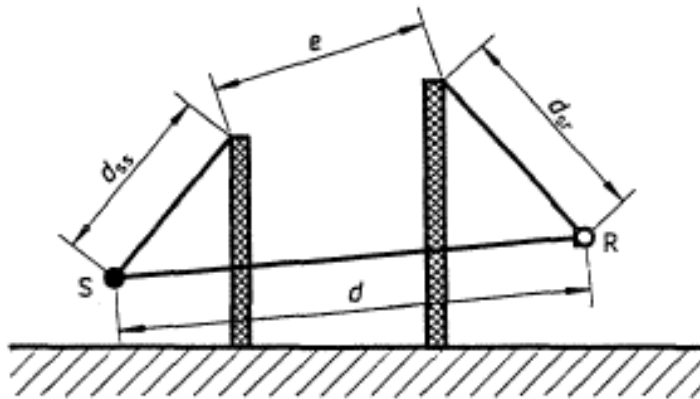
# Métodos de cálculo

## Barreras gruesas

Aquellas barreras que atenúan el sonido mediante una difracción doble.



Ref. [3]: C.M. Harris  
*Manual de medidas acústicas y control del ruido*



Ref. [8]: ISO 9613-2 :1996(E)

Si el grosor de la barrera  $t > 3m$ , se considera barrera gruesa para todas las frecuencias.

Si  $t < 3m$ , se considera barrera gruesa para los componentes cuya longitud de onda sea inferior a  $t/5$ .

Si no se cumplen estas condiciones, debe considerarse que la barrera tiene una única difracción.

Número de Fresnel para una barrera gruesa:

$$N = (2/\lambda) [d_1 + t + d_2 - d]$$



# Métodos de cálculo

## Barreras gruesas

El  $IL$  para una barrera gruesa puede aumentar ligeramente respecto a las barreras convencionales, llegando a los 22-24dB.

Cálculo de la pérdida por inserción ( $IL$ ) de una barrera gruesa:

**$N$ :** Número de Fresnel

**$A_{\text{suelo}}$ :** atenuación debida al suelo en ausencia de la barrera.

**$K$ :** factor de corrección atmosférica. Para distancias de propagación inferiores a 100m se puede despreciar ( $K=1$ ). Para otros casos:

$$K = \exp \left[ -0,0005 \sqrt{(d_1 d_2 d) / (N \lambda)} \right]$$

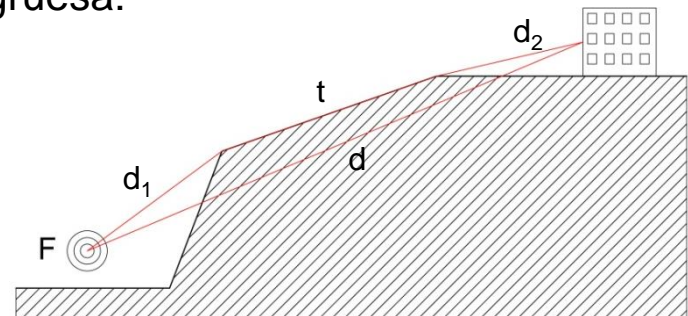
*Nota:* a los valores de  $K < 0$ , se les asigna el valor 0.

$$IL_{\text{barrera}} = 10 \log [3 + 30NK] - A_{\text{suelo}}$$

Ref. [3]: C.M. Harris

*Manual de medidas acústicas y control del ruido*

**Caso práctico:** Un edificio al lado de una carretera o un dique de tierra se puede tratar como una barrera gruesa:



# Clasificación

**Cuantificación (clasificación) de las barreras según su aislamiento y su absorción:**

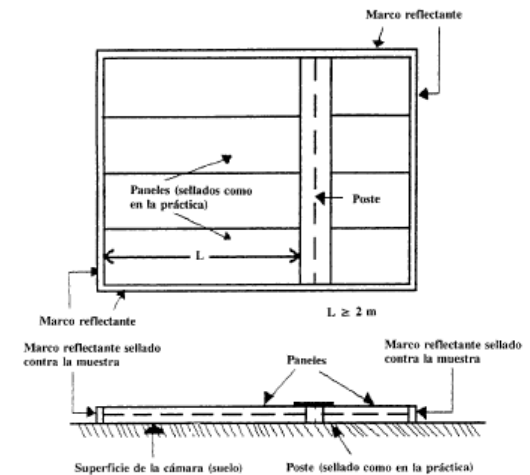
**UNE-EN 1793-1:**

**Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras.**

**Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico.**

**Características relativas a la absorción sonora.**

Se mide la absorción según ISO 20354 (medida del coeficiente de absorción en cámara reverberante) y se calcula el valor  $DL_{\alpha}$



Ref. [11]: UNE EN 20354:1994

# Clasificación

## 5.2 Índice de evaluación de la absorción acústica $DL_{\alpha}$

Se debe determinar un índice de evaluación para indicar el comportamiento del producto. Los coeficientes de absorción acústica individuales se deben ponderar de acuerdo con el espectro normalizado de ruido de tráfico rodado definido en la Norma EN 1793-3.

El índice de evaluación de la absorción acústica,  $DL_{\alpha}$ , en decibelios, se calcula mediante:

$$DL_{\alpha} = -10 \lg \left| 1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{\alpha_i} \cdot 10^{0,1 L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1 L_i}} \right|$$

En algunos casos, el valor del cociente de los sumatorios dentro de la expresión de  $DL_{\alpha}$  puede ser superior a 1, lo que impide el cálculo de  $DL_{\alpha}$ . Por esta razón, el valor máximo de dicho cociente se debe limitar a 0,99.

Ref. [4]: *UNE EN 1793-1:1998*

# Clasificación

Tabla evaluación absorción pantallas:

**Tabla A.1**  
**Categorías de comportamiento de absorción**

<b>Categoría</b>	<b><math>DL_{\alpha}</math> dB</b>
A0	no determinado
A1	< 4
A2	4 a 7
A3	8 a 11
A4	> 11

Ref. [4]: *UNE EN 1793-1:1998*

# Clasificación

## UNE-EN 1793-2:

**Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras.**

**Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico.**

**Características intrínsecas relativas al aislamiento aéreo**

Se mide según ISO 140-3 (medida de aislamiento en laboratorio). (Teniendo en cuenta todos los detalles, elementos, postes...etc).

Se obtiene el valor de  $DL_R$  según ponderación por ruido de tráfico:

El índice de evaluación del aislamiento al ruido aéreo,  $DL_R$ , en decibelios, se calcula mediante:

$$DL_R = -10 \lg \left| \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}} \right|$$

Ref. [5]: UNE EN 1793-2:1998

# Clasificación

Tabla evaluación aislamiento pantallas:

**Tabla A.1**

**Categorías de comportamiento de aislamiento**

Categoría	$DL_R$ dB
B0	no determinado
B1	< 15
B2	15 a 24
B3	> 24

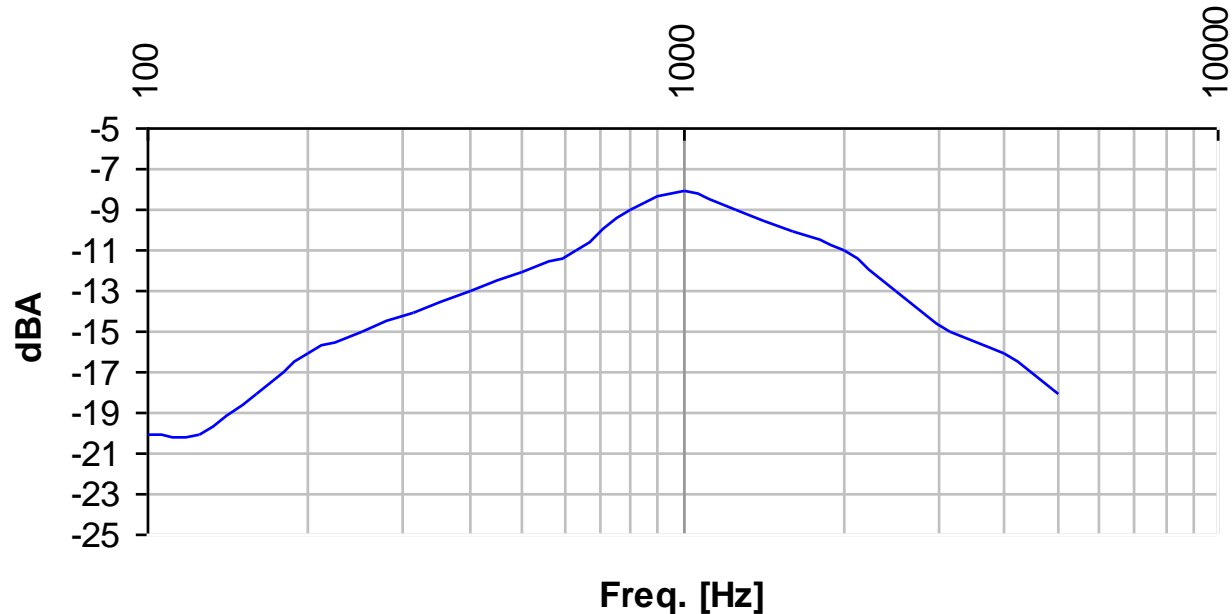
Ref. [5]: UNE EN 1793-2:1998

En todas las medidas (absorción y aislamiento) se colocará la pantalla tal y como iría instalada en la realidad. Incluyendo un poste.

# Clasificación

## UNE-EN 1793-3:

**Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Espectro normalizado del ruido de tráfico.**



Ref. [6]: UNE EN 1793-3:1998

# Cuadro resumen

- **Condiciones para que un obstáculo se considere una barrera acústica (ISO 9613-2)**
  - Densidad superficial  $> 10\text{Kg/m}^2$ .
  - Superficie cerrada sin aperturas ni ranuras significativas.
  - Dimensión horizontal superior a la longitud de onda de la banda de interés.
- **Parámetros que miden las pérdidas causadas por la colocación de una barrera**
  - IL (*Insertion Loss*): pérdida por inserción, diferencia de  $L_p$  en un punto antes y después de colocar la barrera. Varía con la frecuencia.
  - TL (*Transmission Loss*): pérdida por transmisión. Determina la relación entre la energía que incide sobre la barrera y la energía transmitida a través de ella. Interesan materiales con suficiente masa para que sólo importe el camino de difracción.



# Cuadro resumen

- **Zonas acústicas delimitadas por una barrera**
  - Zona de luz:  $IL=0\text{dB}$ . (visión directa F - R).
  - Zona de penumbra o transición:  $0\text{dB} < IL < 5\text{dB}$ . (visión directa/rasante F – R).
  - Zona de sombra:  $5\text{dB} < IL < 15\text{-}20\text{dB}$ . (No existe visión entre F – R).
  - $IL_{\text{max}}$  fuentes puntuales  $\approx 20\text{dB}$
  - $IL_{\text{max}}$  fuentes lineales  $\approx 15\text{dB}$
- **Consideraciones para el diseño adecuado de barreras**
  - Altura suficiente pero no excesiva (eficacia / coste).
  - Longitud suficiente (barrera semiinfinita para el receptor).
  - Evitar reflexiones no deseadas (barrera absorbente y/o perforada).
  - Resolver adecuadamente las interrupciones y los extremos de la barrera.
  - Localización correcta (cercana a la fuente).
  - La forma de la arista superior puede ayudar a aumentar la atenuación.

# Cuadro resumen

- **Particularidades de las barreras**

- Para fuentes sonoras lineales paralelas al eje de la barrera se puede calcular el  $IL$  evaluando el camino *Fuente – Barrera –Receptor* en el plano de proyección perpendicular a la barrera.
- Para barreras de longitud finita se puede calcular el  $IL$  considerando la contribución de todas las aristas simultáneamente mediante la formulación de Maekawa.
- Si el grosor de la barrera es suficientemente grande en relación a  $\lambda$ , se puede considerar que la barrera crea una doble difracción. Algunos edificios o diques de tierra se pueden evaluar de este modo ( $IL_{max}$  barreras doble difracción  $\approx 22-24dB$ )

- **Clasificación y cuantificación de barreras (UNE EN 1793)**

- Clasificación según su absorción ( $DL_a$ ).
- Clasificación según su aislamiento ( $DL_R$ ).
- Uso del espectro normalizado del ruido de tráfico.

# Bibliografía

- Leo L. Beranek and István L. Vér, **Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications**. Edited by Leo L. Beranek and István L. Vér. © 1992 John Wiley & Sons Inc. ISBN 0-471-61751-2.
- Z. Maekawa, **Noise reduction by screens**, Memoirs of the faculty of engineering, Kobe University, 11:29-53 (1965).
- Cyril M. Harris, **Manual de medidas acústicas y control del ruido**, McGrawHill / Interamericana de España S.A. ISBN 84-481-1619-4.
- Benz Kotzen, Colin English **Environmental noise barriers. A guide to their acoustic and visual design** ISBN 0-419-23180-3.

# Referencias

- [1] Leo L. Beranek and István L. Vér, *Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications*. Edited by Leo L. Beranek and István L. Vér. © 1992 John Wiley & Sons Inc. ISBN 0-471-61751-2.
- [2] Z. Maekawa, *Noise reduction by screens*, Memoirs of the faculty of engineering, Kobe University, 11:29-53 (1965).
- [3] Cyril M. Harris, *Manual de medidas acústicas y control del ruido*, McGrawHill / Interamericana de España S.A. ISBN 84-481-1619-4.
- [4] UNE EN 1793-1:1998 *Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 1: Características intrínsecas relativas a la absorción sonora*. AENOR Asociación Española de Normalización.
- [5] UNE EN 1793-2:1998 *Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 2: Características intrínsecas relativas al aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo de sonido difuso*. AENOR Asociación Española de Normalización.

# Referencias

- [6] UNE EN 1793-2:1998 *Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 3: Espectro normalizado de ruido de tráfico*. AENOR Asociación Española de Normalización.
- [7] dBplus consultores acústicos
- [8] ISO 9613-2:1996(E): *Acoustics: Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General Method of Calculation*. International Organization for Standardization. Genève 1996.
- [9] "Kingsland Section, Northwestern Cycle VI" by Uploader. - Self-photographed. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kingsland\\_Section,\\_Northwestern\\_Cycle\\_VI.jpg#mediaviewer/File:Kingsland\\_Section,\\_Northwestern\\_Cycle\\_VI.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kingsland_Section,_Northwestern_Cycle_VI.jpg#mediaviewer/File:Kingsland_Section,_Northwestern_Cycle_VI.jpg)

# Referencias

- [10] "Geluidswal 123" by Steven Lek - Own work. Licensed under Public Domain via Wikimedia Commons - [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geluidswal\\_123.jpg#mediaviewer/File:Geluidswal\\_123.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geluidswal_123.jpg#mediaviewer/File:Geluidswal_123.jpg)
- [11] UNE EN 20354:1994 Acústica. Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante (ISO 354:1985). AENOR Asociación Española de Normalización.