

## MÓDULO 5. FENÓMENOS ACÚSTICOS

Los fenómenos acústicos son los comportamientos que presenta el sonido cuando se propaga y entra en contacto con superficies, materiales, obstáculos o cambios en el medio. Entender estos fenómenos es clave porque explican por qué un ambiente puede tener eco, por qué un ruido atraviesa una pared, por qué ciertos sonidos rodean obstáculos o por qué algunos espacios “retumban”.

### 5.1. REFLEXIÓN DEL SONIDO

La reflexión ocurre cuando una onda sonora choca contra una superficie y rebota en ella, cambiando de dirección, pero permaneciendo en el mismo medio.

Sucede porque la superficie no absorbe toda la energía sonora. Una parte de esa energía regresa al espacio en forma de onda reflejada.

La cantidad de reflexión depende de:

- la dureza del material,
- la textura de la superficie,
- la forma geométrica del recinto,
- la frecuencia del sonido.

Las superficies lisas y duras, como concreto, vidrio, mármol o metal, suelen reflejar mucho sonido.

Ejemplo claro: Si una persona da una palmada dentro de una sala vacía con paredes de concreto y piso cerámico, el sonido rebota varias veces antes de desaparecer. Eso ocurre por la reflexión sonora.

Ejemplo cotidiano: En un baño vacío, la voz suele sonar “más fuerte” o “retumbante”. No es que la persona esté hablando más fuerte, sino que las paredes reflejan mucho el sonido.

Efectos de la reflexión, La reflexión puede generar:

- eco,
- reverberación,
- pérdida de claridad en la voz,
- acumulación de ruido en recintos cerrados.

Aplicación en ingeniería acústica

La reflexión debe controlarse en:

- aulas,
- auditorios,
- oficinas,
- estudios,
- salas de reuniones.

En algunos casos la reflexión es útil, por ejemplo, en ciertos recintos musicales donde se necesita proyección sonora. Pero si es excesiva, perjudica la inteligibilidad.

Ejemplo aplicado

En un aula con muchas superficies rígidas, la voz del docente rebota tanto que los alumnos del fondo no entienden bien las palabras. El problema no es solo el volumen, sino el exceso de reflexión.

## **5.2. ABSORCIÓN SONORA**

La absorción sonora ocurre cuando un material capta parte de la energía de la onda sonora y la transforma, principalmente, en calor de muy baja magnitud, evitando que toda la energía se refleje.

Cuando el sonido llega a una superficie, la energía puede dividirse en tres partes:

- una parte se refleja,
- una parte se absorbe,
- y en algunos casos una parte se transmite al otro lado.

La absorción reduce la cantidad de sonido que vuelve al ambiente.

Depende de:

- el tipo de material,
- el espesor,
- la porosidad,
- la frecuencia del sonido.

Materiales blandos, porosos o fibrosos suelen absorber mejor el sonido que materiales duros y lisos.

Ejemplos de materiales absorbentes

- cortinas gruesas,
- alfombras,
- paneles acústicos,
- espumas acústicas,
- lana mineral,
- tapices,
- muebles acolchados.

Ejemplo claro: Si en una sala vacía colocas cortinas gruesas, alfombra y paneles acústicos, la voz deja de “retumbar” tanto. Eso sucede porque esos materiales absorben parte de la energía sonora.

Ejemplo cotidiano: Una habitación amoblada suele sonar menos “vacía” que una habitación sin muebles. Los objetos y materiales textiles absorben parte del sonido.

La absorción ayuda a:

- reducir la reverberación,
- mejorar la claridad del habla,
- disminuir el ruido reflejado,
- aumentar el confort acústico.

La absorción es fundamental en:

- aulas,
- oficinas,
- estudios de grabación,
- auditorios,
- restaurantes,
- salas de videoconferencia.

Ejemplo aplicado: En un restaurante muy ruidoso, aunque la cantidad de personas no sea excesiva, puede haber demasiada reflexión. Colocar paneles absorbentes en techo y paredes ayuda a reducir el nivel de ruido general y mejora las conversaciones.

### 5.3. REFRACCIÓN

La refracción ocurre cuando una onda sonora cambia de dirección porque cambia su velocidad al pasar por zonas del medio con distintas propiedades.

La velocidad del sonido cambia por variaciones en:

- temperatura,
- densidad,
- composición del medio.

Cuando una parte de la onda avanza más rápido que otra, su trayectoria se curva.

Ejemplo físico sencillo: En el aire caliente el sonido viaja un poco más rápido que en el aire frío. Si una onda sonora pasa por capas de aire con diferentes temperaturas, puede desviarse.

Ejemplo claro: En exteriores, durante ciertas noches frías, el ruido de una carretera puede escucharse más lejos de lo normal. Esto puede deberse, entre otras razones, a la refracción del sonido por diferencias térmicas en la atmósfera.

Ejemplo cotidiano: A veces un sonido lejano parece más claro en la madrugada o en la noche. Una de las causas puede ser la forma en que las capas de aire desvían la propagación del sonido.

Efectos de la refracción

La refracción puede:

- desviar el sonido hacia arriba o hacia abajo,
- aumentar o reducir el alcance del ruido,
- modificar la percepción del ruido ambiental en exteriores.

Aplicación en ingeniería acústica

Es importante en:

- ruido ambiental,
- evaluación de tráfico,
- propagación de ruido industrial al aire libre,
- estudios acústicos en zonas abiertas.

Ejemplo aplicado

Una planta industrial ubicada cerca de una zona residencial puede generar molestias sonoras variables según las condiciones atmosféricas, porque la refracción cambia la forma en que el sonido llega a los receptores.

#### **5.4. DIFRACCIÓN**

La difracción es la capacidad del sonido para rodear obstáculos o propagarse a través de aberturas.

Porque el sonido es una onda, y las ondas no siempre viajan en línea recta rígida como si fueran rayos perfectos. Pueden expandirse al pasar por bordes o rendijas.

La difracción es más notoria cuando:

- la longitud de onda es grande,
- el obstáculo tiene dimensiones comparables con esa longitud de onda.

Por eso, los sonidos de baja frecuencia difractan más fácilmente que los de alta frecuencia.

Ejemplo claro: Puedes escuchar a una persona que está hablando detrás de una esquina, aunque no la veas. El sonido logra rodear el obstáculo.

Ejemplo cotidiano: Aunque una puerta esté cerrada, muchas veces los sonidos graves de música se siguen escuchando en otra habitación. Eso sucede en parte porque las bajas frecuencias difractan mejor y además pueden transmitirse estructuralmente.

Importancia de la frecuencia

- Sonidos graves: rodean mejor los obstáculos
- Sonidos agudos: son más directivos y se bloquean con mayor facilidad

Efectos de la difracción

La difracción explica por qué:

- una barrera no elimina totalmente un ruido,
- el sonido puede llegar a zonas “ocultas” respecto a la fuente,
- los graves son más difíciles de contener.

Aplicación en ingeniería acústica

Es fundamental en:

- diseño de barreras acústicas,
- control de ruido en carreteras,
- aislamiento parcial,
- propagación del sonido en espacios urbanos.

Ejemplo aplicado: Se instala una barrera acústica junto a una carretera para proteger viviendas cercanas. La barrera reduce bastante los sonidos medios y agudos, pero los sonidos graves siguen percibiéndose. Eso ocurre porque esas frecuencias difractan más fácilmente sobre o alrededor de la barrera.

## 5.5. INTERFERENCIA

La interferencia ocurre cuando dos o más ondas sonoras coinciden en el mismo punto del espacio y sus efectos se combinan.

Pueden ocurrir dos casos principales:

a) Interferencia constructiva

Sucede cuando las ondas se suman y el resultado es una mayor amplitud.

b) Interferencia destructiva

Sucede cuando las ondas se oponen y el resultado es una menor amplitud o una cancelación parcial.

Depende de:

- la fase de las ondas,
- la frecuencia,
- la diferencia de recorrido,
- la sincronización entre ellas.

Ejemplo claro: Si dos parlantes reproducen la misma señal, en ciertos puntos de la sala el sonido puede escucharse más fuerte y en otros más débil. Eso ocurre por interferencia.

Ejemplo cotidiano: A veces en un evento o salón el sonido cambia al caminar unos pasos:

- en una zona se oye muy fuerte,
- en otra parece más débil o extraño.

Eso puede explicarse por la interferencia entre ondas provenientes de distintos altavoces o reflexiones.

Efectos de la interferencia

Puede generar:

- zonas de refuerzo,
- zonas de cancelación,
- coloración del sonido,

- pérdida de uniformidad sonora.

Aplicación en ingeniería acústica

La interferencia es importante en:

- diseño de sistemas de sonido,
- ubicación de parlantes,
- análisis de recintos,
- cancelación activa de ruido.

Ejemplo aplicado: En una sala de conferencias, si se colocan mal los altavoces, algunos asistentes pueden escuchar claramente y otros pueden percibir zonas con menor nivel o palabras poco claras por efectos de interferencia.

## 5.6. RESONANCIA Y SUS EFECTOS

La resonancia ocurre cuando un sistema vibra con gran amplitud porque recibe una excitación cercana a su frecuencia natural.

Todo sistema físico tiene una frecuencia a la que tiende a vibrar con mayor facilidad. Si una fuerza o sonido lo excita en una frecuencia parecida, la vibración puede aumentar mucho.

Ejemplo simple: Un columpio se mueve más si lo empujas con el ritmo adecuado. Si el empuje coincide con su movimiento natural, cada impulso aumenta la oscilación. Ese principio es similar a la resonancia.

Ejemplo acústico: Una ventana puede empezar a vibrar notoriamente cuando pasa un camión o suena música con bajos intensos. La frecuencia del estímulo puede coincidir con la frecuencia natural del vidrio o del marco.

Ejemplo en instrumentos musicales: En una guitarra, la caja de resonancia amplifica ciertas vibraciones de las cuerdas. Eso es un uso útil de la resonancia.

Efectos de la resonancia

La resonancia puede provocar:

- aumento del nivel sonoro,
- vibraciones molestas,
- zumbidos,
- daño estructural en casos severos,
- amplificación de ciertas frecuencias,
- incomodidad y pérdida de confort.

Aplicación en ingeniería acústica

Es importante en:

- diseño de recintos,
- control de vibraciones,

- maquinaria,
- sistemas HVAC,
- estructuras,
- instrumentos y equipos acústicos.

#### Ejemplo aplicado

En un ducto de ventilación, una determinada frecuencia generada por el ventilador puede coincidir con la frecuencia natural del sistema, produciendo un zumbido fuerte y persistente. No necesariamente la máquina emite más energía, sino que el sistema está resonando.

#### Ejemplo integrador completo

Imagina una sala de reuniones con paredes de vidrio, techo rígido y aire acondicionado:

- La voz de las personas se refleja en vidrio y techo
- Si no hay tratamiento, hay poca absorción sonora
- Algunas frecuencias del aire acondicionado pueden generar resonancia en ductos o paneles
- Si hay varias fuentes hablando al mismo tiempo, puede haber interferencia perceptual y física
- Parte del sonido puede llegar a zonas detrás de divisiones por difracción
- En un edificio con corrientes de aire o cambios térmicos, la propagación exterior puede verse afectada por refracción

Esto muestra que en un mismo ambiente pueden presentarse varios fenómenos acústicos al mismo tiempo