

ACÚSTICA

La **acústica** es una rama de la física interdisciplinaria que estudia el sonido, infrasonido y ultrasonido, es decir ondas mecánicas que se propagan a través de la materia (tanto sólida como líquida o gaseosa) (no pueden propagarse en el vacío) por medio de modelos físicos y matemáticos. A efectos prácticos, la acústica estudia la producción, transmisión, almacenamiento, percepción o reproducción del sonido. La ingeniería acústica es la rama de la ingeniería que trata de las aplicaciones tecnológicas de la acústica.

La acústica considera el sonido como una vibración que se propaga generalmente en el aire a una velocidad de 343 m/s (aproximadamente 1 km cada 3 segundos), o 1235 km/h en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 20 °C).

La acústica tiene su origen en la Antigua Grecia y Roma, entre los siglos VI a. C. y I d. C. Comenzó con la música, que se venía practicando como arte desde hacía miles de años, pero no había sido estudiada de forma científica hasta que Pitágoras se interesó por la naturaleza de los intervalos musicales. Quería saber por qué algunos intervalos sonaban más bellos que otros, y llegó a respuestas en forma de proporciones numéricas. Aristóteles (384 a 322 a. C.) comprobó que el sonido consistía en contracciones y expansiones del aire «cayendo sobre y golpeando el aire próximo», una buena forma de expresar la naturaleza del movimiento de las ondas. Alrededor del año 20 a. C., el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio escribió un tratado sobre las propiedades acústicas de los teatros, incluyendo temas como la interferencia, los ecos y la reverberación; esto supuso el comienzo de la acústica arquitectónica.¹

La comprensión de la física de los procesos acústicos avanzó rápidamente durante y después de la Revolución Científica. Galileo (1564-1642) y Mersenne (1588-1648) descubrieron de forma independiente todas las leyes de la cuerda vibrante, terminando así el trabajo que Pitágoras había comenzado 2000 años antes. Galileo escribió «Las ondas son producidas por las vibraciones de un cuerpo sonoro, que se difunden por el aire, llevando al tímpano del oído un estímulo que la mente interpreta como sonido», sentando así el comienzo de la acústica fisiológica y de la psicológica.

Entre 1630 y 1680 se realizaron mediciones experimentales de la velocidad del sonido en el aire por una serie de investigadores, destacando de entre ellos Mersenne. Mientras tanto, Newton (1642-1727) obtuvo la fórmula para la velocidad de onda en sólidos, uno de los pilares de la física acústica.

El siglo XVIII vio grandes avances en acústica a manos de los grandes matemáticos de la era, que aplicaron nuevas técnicas de cálculo a la elaboración de la teoría de la propagación de las ondas. En el siglo XIX, los gigantes de la acústica eran Helmholtz en Alemania, que consolidó la acústica fisiológica, y Lord Rayleigh en Inglaterra, que combinó los conocimientos previos con abundantes aportaciones propias en su monumental obra «La teoría del sonido». También durante ese siglo, Wheatstone, Ohm y Henry desarrollaron la analogía entre electricidad y acústica.

Durante el siglo XX aparecieron muchas aplicaciones tecnológicas del conocimiento científico previo. La primera fue el trabajo de Wallace Clement Sabine en la acústica arquitectónica, seguido de muchos otros. La acústica subacuática fue utilizada para detectar submarinos en la Primera Guerra Mundial. La grabación sonora y el teléfono fueron importantes para la transformación de la

sociedad global. La medición y análisis del sonido alcanzaron nuevos niveles de precisión y sofisticación a través del uso de la electrónica y la informática. El uso de las frecuencias ultrasónicas permitió nuevos tipos de aplicaciones en la medicina y la industria. También se inventaron nuevos tipos de transductores (generadores y receptores de energía acústica).

Algunas ramas de la física acústica:

- **Aeroacústica:** generación de sonido debido al movimiento violento en el aire.
- **Arqueoacústica:** estudio sistemático de efectos acústicos en sitios arqueológicos.
- **Acústica en física:** análisis de los fenómenos sonoros, mediante modelos físicos y matemáticos.
- **Acústica arquitectónica:** estudio del control del sonido, tanto del aislamiento entre recintos habitables (casas, cuartos o habitaciones), como del acondicionamiento acústico de locales (salas de conciertos, teatros, etc.), amortiguándolo mediante materiales blandos, o reflejándolo con materiales duros para que la construcción o la estructura del lugar permita el máximo aprovechamiento del sonido o bien hacer que el sonido disminuya y no traspase los muros o paredes.
- **Psicoacústica:** estudia la percepción del sonido en humanos, la capacidad para localizar espacialmente la fuente, es decir su ubicación, la calidad observada de los métodos de compresión de audio, etcétera.
- **Bioacústica:** estudio de la audición animal (murciélagos, perros, delfines, etc.) y así comprender como utilizan el sentido auditivo (como radares, detectando sonidos de baja frecuencia o como protección para si mismo).
- **Acústica ambiental:** estudio del sonido en exteriores, el ruido ambiental y sus efectos en las personas y la naturaleza, estudio de fuentes de ruido como el tránsito vehicular, ruido generado por trenes y aviones, establecimientos industriales, talleres, locales de ocio y el ruido producido por el vecindario (la contaminación auditiva).
- **Acústica subacuática:** relacionada sobre todo con la detección de objetos sumergidos mediante el sonido (se utiliza en barcos o en submarinos sonar).
- **Acústica musical:** estudio de la producción de sonido en los instrumentos musicales, y de los sistemas de afinación de la escala.
- **Electroacústica:** estudia el tratamiento electrónico del sonido, incluyendo la captación (micrófono y estudios de grabación), procesamiento (efectos, filtrado compresión, etc.) amplificación, grabación, producción (altavoces), etc.
- **Acústica fisiológica:** estudio del funcionamiento del aparato auditivo, desde la oreja a la corteza cerebral (el oído y sus componentes, así como sus repercusiones, enfermedades y trastornos).
- **Acústica fonética:** análisis de las características acústicas del habla y sus aplicaciones.
- **Macroacústica:** estudio de los sonidos extremadamente intensos, como el de las explosiones, turborreactores, entre otros.

La **ingeniería acústica** es una disciplina especializada en el control y desarrollo de los procesos emisión, transmisión y recepción de ondas sonoras a través de diferentes medios físicos, además de estudiar la naturaleza del sonido propiamente tal. Cada día esta especialidad toma más protagonismo debido al notorio aumento de la contaminación acústica, provocada principalmente por las actividades industriales, el tráfico vehicular urbano y el tráfico aéreo, comprometiendo estas actividades, la calidad acústica de las viviendas y lugares de trabajos, que a su vez comprometen la salud de las personas (un exceso de ruido es perjudicial para la salud humana).

En sus áreas de desarrollo, se destacan el control de ruido y el control de vibraciones, la elaboración de mapas de ruido, mitigación del ruido ambiental, la elaboración de modelos predictivos del ruido urbano, acondicionamiento de recintos con fines de aislamiento o mejoría de la calidad acústica interior. Existe otra aplicación o énfasis, relativo a la producción musical, manejo y desarrollo de medios audiovisuales, como por ejemplo, el desarrollo de sistemas de reproducción de sonidos lógicos reales Dolby Surround Sound y una gama de efectos para la industria fílmica.



Fotografía de una Cámara Anecoica.

En general la Ingeniería Acústica, se especializa en estudiar las ondas sonoras correspondientes al rango de los 20 Hz, a los 20 kHz, que es el rango característico de audición del ser humano. Pero existen también especialidades dentro de esta misma ciencia que estudia ondas que se encuentran fuera del rango de la audición. Por debajo de este rango es decir frecuencias menores a los 20 Hz, es conocido como rango infrasónico y el rango por encima de los 20 kHz, es conocido como ultrasónico. Este último con muchas aplicaciones en la medicina, minería y geología entre otras ciencias.

Hoy existen varias escuelas de acústica en el mundo, por ejemplo en Portugal, Francia, Estados Unidos, Dinamarca, España, Inglaterra, Brasil. En sudamérica se destacan la Escuela de Ingeniería Civil Acústica de la Universidad Austral de Chile y la Escuela de Ingeniería Civil en Sonido y Acústica de la Universidad Tecnológica de Chile, INACAP (Ex Universidad Vicente Pérez Rosales) También, en la Ciudad de México se distingue en El Instituto Politécnico Nacional dentro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME) . En Argentina, se dicta la carrera de Ingeniería de Sonido en la Universidad Nacional de Tres de Febrero. Es la única universidad pública del país que ofrece este título. Dentro del campo industrial cobra gran relevancia debido a que cada día se reconoce la importancia del control de ruido, indispensable para un correcto vivir del hombre. Existiendo aquí un gran campo de aplicación ya que toda actividad industrial conlleva emanaciones contaminantes, en la que el ruido no es una excepción. Aplicaciones en el Sector

Minero e industrial. La Ingeniería acústica es una ciencia que ayuda a resolver problemas de emanaciones de ruido y vibraciones.

Las ondas sonoras longitudinales se producen como consecuencia de una perturbación periódica en el aire. El oído humano actúa como receptor de estas ondas sonoras periódicas, percibiéndolas como sonido. El cuerpo sonoro puede vibrar longitudinal o transversalmente.

Deben existir dos factores para que exista el sonido:

1. Es necesaria una fuente de vibración mecánica
2. Un medio elástico a través del cual se propague la perturbación

La fuente puede ser un diapasón, una cuerda que vibre o una columna de aire vibrando en un tubo de órgano. Los sonidos se producen por una materia que vibra.

Los fenómenos que constituyen la base de la producción de sonido por los instrumentos musicales son los siguientes:

- Establecimiento de un régimen de ondas estacionarias en un tubo, ya sea cerrado o no por uno de sus extremos y que resuena a varias frecuencias. Así se afinan los órganos y los instrumentos de viento.
- Producción de oscilaciones de relajación: un flujo de aire que llega a gran velocidad sobre un bisel agudo se divide tanto a una de sus caras como de la otra, y en cierto modo, vibra como una lamina vibrante, así se produce el sonido en los instrumentos de viento.
- Vibraciones de cuerdas golpeadas, pulsadas o frotadas, o de membranas que agitan el aire que las propaga.

Las **ondas estacionarias** son aquellas ondas en las cuales, ciertos puntos de la onda llamados nodos, permanecen inmóviles.

Una onda estacionaria se forma por la interferencia de dos ondas de la misma naturaleza con igual amplitud, longitud de onda (o frecuencia) que avanzan en sentido opuesto a través de un medio.

Se producen cuando interfieren dos movimientos ondulatorios con la misma frecuencia, amplitud pero con diferente sentido, a lo largo de una línea con una diferencia de fase de media longitud de onda.

Las ondas estacionarias **permanecen confinadas en un espacio** (cuerda, tubo con aire, membrana, etc.). La amplitud de la oscilación para cada punto depende de su posición, la frecuencia es la misma para todos y coincide con la de las ondas que interfieren. Tiene puntos que no vibran (nodos), que permanecen inmóviles, estacionarios, mientras que otros (vientres o antinodos) lo hacen con una amplitud de vibración máxima, igual al doble de la de las ondas que interfieren, y con una energía máxima. El nombre de onda estacionaria proviene de la aparente inmovilidad de los nodos. La distancia que separa dos nodos o dos antinodos consecutivos es media longitud de onda.

Se puede considerar que las ondas estacionarias no son ondas de propagación sino los distintos modos de vibración de la cuerda, el tubo con aire, la membrana, etc. Para una cuerda, tubo, membrana, ... determinados, sólo hay ciertas frecuencias a las que se producen ondas estacionarias

que se llaman frecuencias de resonancia. La más baja se denomina frecuencia fundamental, y las demás son múltiplos enteros de ella (doble, triple, ...).

Una onda estacionaria se puede formar por la suma de una onda y su onda reflejada sobre un mismo eje (x o y).

- Cuando llega a una cresta consecutiva, habiendo recorrido un valle.
- Viceversa.

El **aislamiento acústico** se refiere al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio. Se suele lograr con la actuación sobre las paredes (aislamiento de paredes) y de las ventanas (doble acristalamiento acústico).

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

- **Factor másico.** El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.
- **Factor multicapa.** Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda.
- **Factor de disipación.** También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad (30 kg/m³ - 70 kg/m³) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. Un buen ejemplo de material absorbente es la lana de roca, actualmente el más utilizado en este tipo de construcciones.

La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos, aunque estas técnicas pertenecen más propiamente al ámbito de la acústica.