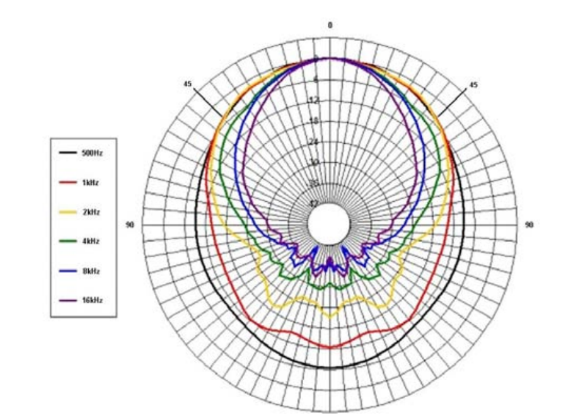
# RADIACIÓN Y RECEPCIÓN DE ONDAS SONORAS

## Fuente Esférica Pulsante

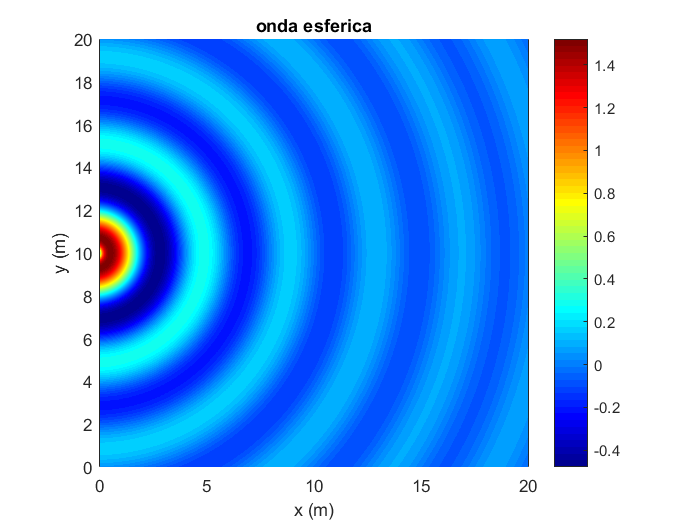
La onda esférica es modelada por la siguiente ecuación

Una solución a esta ecuación es la onda esférica

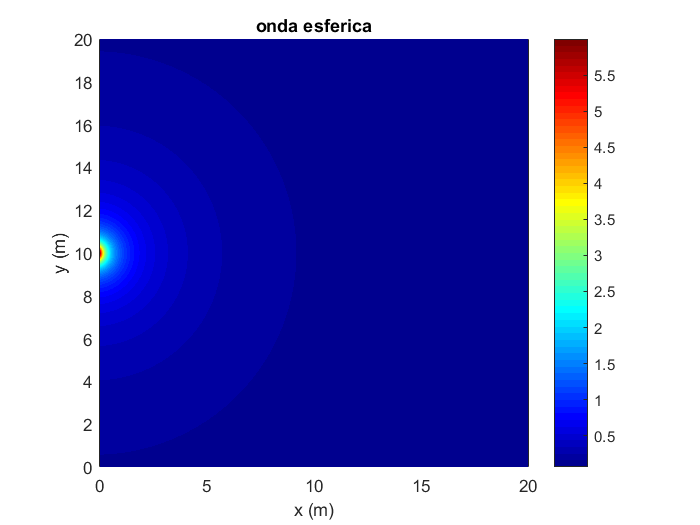
En términos matemáticos es una solución de la ecuación de onda sonora que corresponde a un modelo aproximado del sonido emitido por fuentes a las que consideraremos omnidireccionales



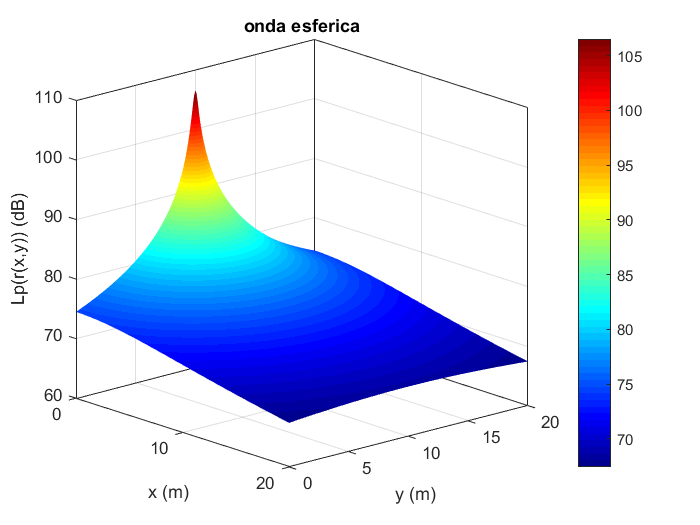
Mediciones de Nivel de Presión Sonora



Modelo de Radiación Sonora Esférica de Distribución Instantánea con Respecto al Tiempo



Modelo De Presión Sonora Esférica RMS



Modelo de Nivel de Presión Sonora Esférica

Como hemos conversado anteriormente esta solución es válida para cualquier geometría no incluya la fuente, debido a que cuando , la presión sonora tiende a infinito y eso no es una solución válida. En esta primera parte de este capítulo, determinaremos la presión sonora de una esfera pulsante que permitirá calcular la presión sonora sobre la superficie de la esfera. Consideraremos una esfera cuya superficie tiene velocidad oscilatoria uniforme, es decir se infla y desinfla

El aumento y la disminución efectiva de la esfera es mucho menor que el radio y se realiza en forma senoidal compleja. Esto trae como consecuencia que la onda sonora irradiada sea esférica y la expresión matemática es

Entonces se hace necesario determinar la constante . Para ello debemos recordar que a este nivel macroscópico la continuidad es un hecho por lo tanto la velocidad de partículas sobre la superficie de la esfera y la velocidad de la esfera son iguales. Esa misma continuidad también se da para la presión, por lo tanto, podemos usar la expresión la impedancia acústica específica

En este caso

Desarrollemos estas expresiones y obtenemos la presión sobre la superficie de la esfera

Podemos expresar esta cantidad compleja como módulo y fase

Donde

Entonces

Para lugares que están fuera de la esfera

De otra manera podemos escribir para

Además, se puede denotar como

Entonces la constante de

Determinaremos el valor absoluto o amplitud de la presión

La intensidad sonora es

Imaginemos que el radio de la esfera es mucho menor que la longitud de onda o, dicho de otra forma

Volvamos a la expresión de la presión sonora para lugares que están fuera de la esfera

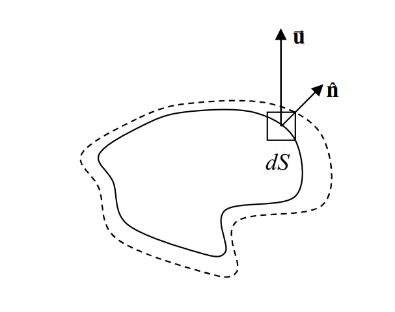
Si entonces , entonces podemos aproximar la presión sonora para fuentes pequeñas como. O dicho de otra forma para fuentes de pequeño tamaño que emiten bajas frecuencias

La intensidad

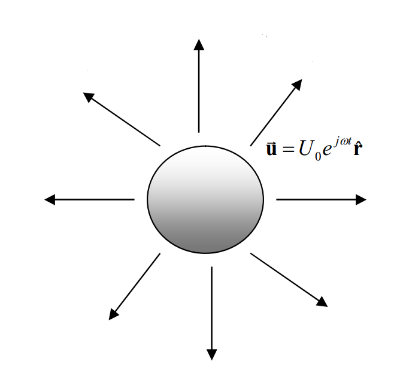
En la práctica quiere decir que se necesitan fuentes de gran tamaño para irradiar adecuadamente en bajas frecuencias

## Poder de una Fuente

El término poder de una fuente es un poco ambiguo, sin embargo físicamente hablando representa la velocidad volumétrica o caudal de fluido (aire) que la fuente expele



Pero en una esfera pulsante, tenemos ciertas simetrías que nos permiten calcular esto con facilidad, porque los vectores, normal y radial son paralelos, y unitarios, entonces



Simplificamos

Volvamos a la expresión de la esfera pulsante pequeña con relación a la longitud de onda

## Fuente Simple

Una fuente simple corresponde a aquella cuyas dimensiones son mucho más pequeñas que su longitud de onda y por ende puede ser modelada su radiación sonora como esférica. Es decir, la presión sonora de una fuente simple es

Donde es la máxima dimensión de la fuente y es la superficie. Lo que importa en este punto es que la longitud de onda sea grande comparada con el tamaño de la fuente.

Donde es la superficie de la fuente y es la velocidad

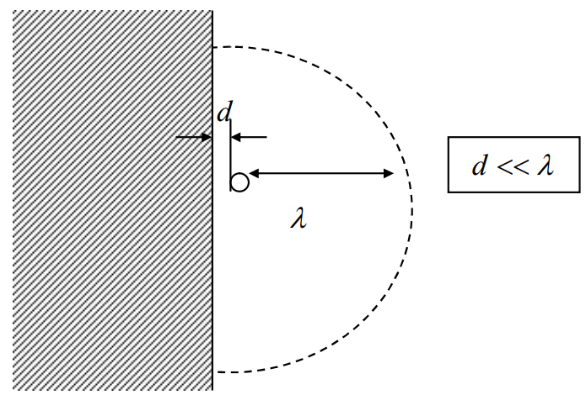
|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Amplitud de la presión sonora

Intensidad sonora

La potencia sonora

Cuando una fuente simple está ubicada sobre una pantalla infinita la presión sonora se duplica, la intensidad se cuadruplica y se considera el área de la mitad de la esfera



## Ejemplo

Una esfera pulsante de radio irradia ondas esféricas al aire a una frecuencia de , produciendo una intensidad sonora a una distancia del centro de la esfera

1. Calcular la potencia de la esfera.
2. Sobre la superficie de la esfera calcular la amplitud de la velocidad de partículas.
3. Sobre la superficie de la esfera calcular la amplitud de la presión sonora.
4. Sobre la superficie de la esfera la amplitud del desplazamiento de partículas.
5. Sobre la superficie de la esfera el número de Mach.
6. Fuera de la esfera calcular la amplitud de la velocidad de partículas.
7. Fuera de la esfera calcular la amplitud de la presión sonora.
8. Fuera de la de la esfera la amplitud del desplazamiento de partículas.
9. Fuera de la de la esfera el número de Mach.

Lo primero es calcular la relación

Vemos que es menor que 1 pero no mucho menor, como una decisión práctica asumiremos mucho menor que 1 cualquier resultado que sea menor o igual a 0.1. Por lo tanto, si bien es una esfera, no se está comportando como fuente simple

### Potencia Sonora

Como es radiación esférica

### Amplitud de velocidad de partículas sobre la superficie de la esfera

Como tenemos la intensidad a un metro de distancia podermos calcular la amplitud de velocidad usando

### Presión Sonora en la superficie de la esfera

### Amplitud de Desplazamiento de partículas en la superficie de la esfera

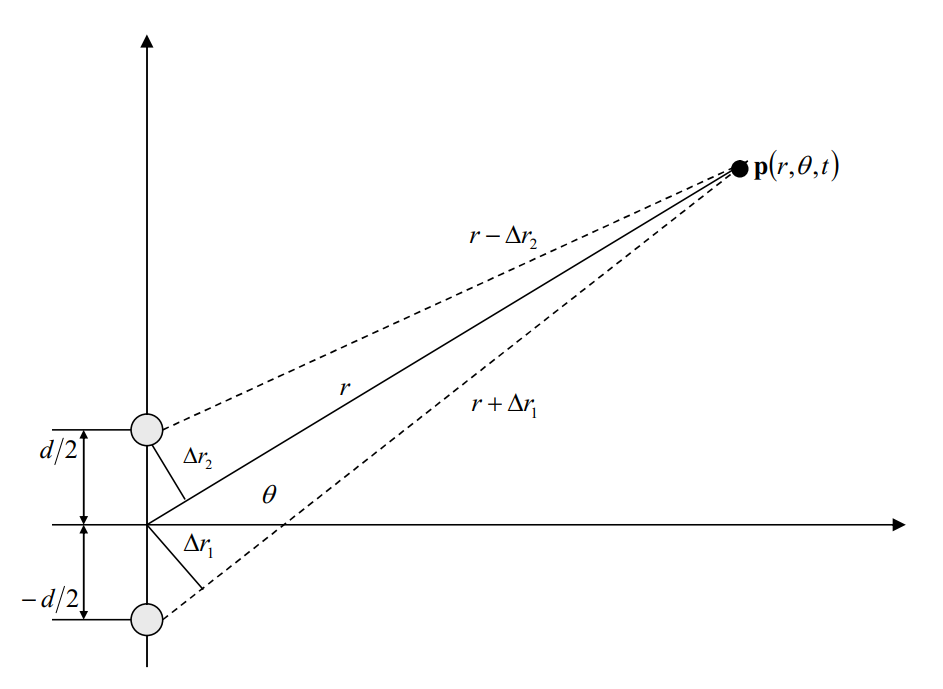
Entonces

La amplitud implica el módulo

### Número de Mach

El resto del ejercicio es tarea

## Dipolo Acústico



Tenemos dos fuentes separadas por una distancia , ambas fuentes son simples de a igual amplitud y de fase contraria, es decir una de amplitud positiva y la otras de amplitud negativa

La presión total corresponde a la superposición coherente de ambas fuentes

En campo lejano pasan dos cosas, la primera es que

La segunda es que si la frecuencia es alta no puedo simplificar los términos

Tenemos que usar la identidad

Si la frecuencia es baja, es decir la longitud es mucho más grande que la distancia de separación entre las fuentes

Entonces

Volvamos a

Donde es la presión axial

es el patrón direccional

El término expresa el proceso ondulatorio de propagación de ondas sonoras. A continuación, graficaremos el patrón direccional para diversas frecuencias cuando

%datos iniciales

f = 100; 1000; 5000; 10000;

w = 2\*pi\*f;

c = 344;

k = w/c;

d = 0.1;

Gráfico, Diagrama

Descripción generada automáticamente

Imagen que contiene Gráfico

Descripción generada automáticamente

Gráfico, Gráfico radial

Descripción generada automáticamente

Gráfico, Gráfico radial

Descripción generada automáticamente

Gráfico, Gráfico radial

Descripción generada automáticamente

Imagen que contiene Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Uno de los puntos importantes a considerar es que existe el llamado teorema de reciprocidad acústica, el cual se puede resumir que el comportamiento entre fuentes y transductores es intercambiable y para elementos electroacústicos, el factor direccional se conserva. Un ejemplo de esto son los micrófonos bidireccionales. Un ejemplo es el Neumann U-87 Ai., el cual está compuesto por dos micrófonos de condensador separados a una pequeña distancia

|  |  |
| --- | --- |
|  | Neumann U87 Ai - Turnlab |