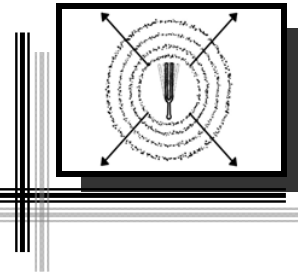


CAPÍTULO 2



CONCEPTOS BÁSICOS

El propósito de este capítulo es presentar una descripción de los conceptos básicos de procesamiento de señales y algunas otras herramientas. Se presenta el concepto de señal, así como los diferentes tipos de señales que existen, se explica la naturaleza de las señales tales como el sonido que se manipulan para el desarrollo de este trabajo de tesis. Así como algunos conceptos propios del análisis de señales como es la transformada de Fourier, el teorema de muestreo, filtros digitales. Por último se da una descripción de cómo se clasifican los micrófonos y algunas de sus características, lo cual es necesario para futuros capítulos.

2.1 SEÑAL

Una señal es una abstracción de alguna cantidad o fenómeno físico cuantificable que está en función de una o más variables independientes tales como espacio y tiempo. El voltaje y corriente son ejemplos de señales eléctricas y el sonido es una señal mecánica. Existe una clasificación general de señales, señales continuas y señales discretas [32].

2.1.1 Señales continuas

Una señal continua es aquella que está presente para todos los instantes de tiempo o espacio, tal como una señal de oscilación de voltaje o una fotografía de una cámara analógica.

2.1.2 Señales discretas

Una señal discreta está presente únicamente en puntos discretos de tiempo o espacio, como por ejemplo, una imagen digitalizada. Por lo general las señales discretas son

versiones muestreadas de señales continuas, como en el caso de música grabada en discos compactos y fotografías escaneadas [32].

2.2 ANÁLISIS DE FOURIER

De acuerdo a la clasificación general de señales existen cuatro distintas representaciones por la teoría de Fourier, cada una aplicable a una diferente clase de señal. Existen cuatro clases de señales definidas por la propiedad de periodicidad y además si se trata de señales continuas o de tiempo discreto. La serie de Fourier se aplica a señales periódicas continuas en el tiempo y la serie de Fourier de tiempo discreto, como su nombre lo indica, se aplica a señales periódicas de tiempo discreto. Si la señal es continua en tiempo y no periódica la representación es llamada la Transformada de Fourier. Si la señal es discreta en el tiempo y no periódica, entonces la transformada discreta de Fourier es utilizada. En la Tabla 2.1 se muestra la relación entre las propiedades de las señales y la representación de Fourier apropiada, así como sus definiciones [18].

Tabla 2.1 Clasificación de señales y sus transformadas			
Clasificación en el tiempo		Transformación	Definición
Continua	Periódica	Serie de Fourier	$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X[k]e^{jk\omega_0 t} \quad (2.1)$ $C[k] = \frac{1}{T} \int_{(T)} x(t)e^{-jk\omega_0 t} dt \quad (2.2)$ $x(t) \text{ tiene período } T$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad (2.3)$
	No periódica	Transformada de Fourier	$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega)e^{j\omega t} d\omega \quad (2.4)$ $X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt \quad (2.5)$
Discreta	Periódica	Serie de Fourier para tiempo discreto	$x[n] = \sum_{\hat{k}=(N)} C[\hat{k}]e^{j\hat{k}\omega_0 n} \quad (2.6)$ $C[\hat{k}] = \frac{1}{N} \sum_{n=(N)} x[n]e^{-j\hat{k}\omega_0 n} \quad (2.7)$ $x[n] \text{ y } C[\hat{k}] \text{ tienen período } N$ $\omega_0 = \frac{2\pi}{N} \quad (2.8)$
	No periódica	Transformada de Fourier para tiempo discreto	$x[n] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{j\omega})e^{j\omega n} d\omega \quad (2.9)$ $X(e^{j\omega}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]e^{-j\omega n} \quad (2.10)$ $X(e^{j\omega}) \text{ tiene período } 2\pi$

Las representaciones a través de la transformada de Fourier y la serie de Fourier, son técnicas que sirven para representar señales como superposiciones ponderadas de senoides. Las ponderaciones son una función de las frecuencias senoidales complejas y proveen una descripción en el dominio de la frecuencia de la señal.

El dominio de la frecuencia ofrece una perspectiva de las señales, ciertas características de las señales son más fáciles de identificar en el dominio de la frecuencia que en el dominio del tiempo y viceversa [18].

2.3 TRANSFORMADA DE FOURIER

La transformada de Fourier se utiliza para convertir una función f a otra función correspondiente g definida por la ecuación (2.11)

$$g(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-j\xi x} dx \quad (2.11)$$

La función $f(x)$ se transforma en $g(\xi)$ mediante la transformada, y mediante la transformada inversa de Fourier se obtiene $f(x)$ a partir de $g(\xi)$ como se muestra en la ecuación (2.12)

$$f(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} g(\xi)e^{j\xi x} d\xi \quad (2.12)$$

Si a x y ξ se sustituye por la variable tiempo t y la variable frecuencia angular ω por correspondencia, se obtiene la transformada de Fourier y su inversa definidas en el tiempo.

Donde ω es la frecuencia angular medida en radianes por segundo [rad/s]

$$\omega = 2\pi f \quad (2.13)$$

f es frecuencia en hertz [Hz] que es lo mismo s^{-1} [32].

La transformada de Fourier definida en el tiempo transforma una función variante en el tiempo en otra función que varía en la frecuencia, frecuencia temporal, se hace la distinción frecuencia temporal ya que existen otros tipos de frecuencia. Como se indica en las ecuaciones (2.4) y (2.5) vistas anteriormente en las Tabla 2.1.

Mas adelante se verá que la variable x y ξ pueden representar otras variables además de tiempo y frecuencia temporal lo cual es de gran utilidad ya que la transformada de Fourier no solo se aplica en situaciones en que varía el tiempo.

2.4 ANCHO DE BANDA

El intervalo de frecuencias útil de cualquier sistema limitado en banda se define como la diferencia entre el límite de alta frecuencia f_H y el límite de baja frecuencia f_L . En f_H y f_L la ganancia del sistema baja a 0.707 veces del valor máximo en el intervalo de frecuencia útil. En términos de decibeles, la amplitud de voltaje está 3 dB abajo, entre f_H y f_L , a estas frecuencias se les llama frecuencias de corte.

El ancho de banda es la diferencia entre f_H y f_L al cual se le asigna B.

$$B = f_H - f_L \quad (2.14)$$

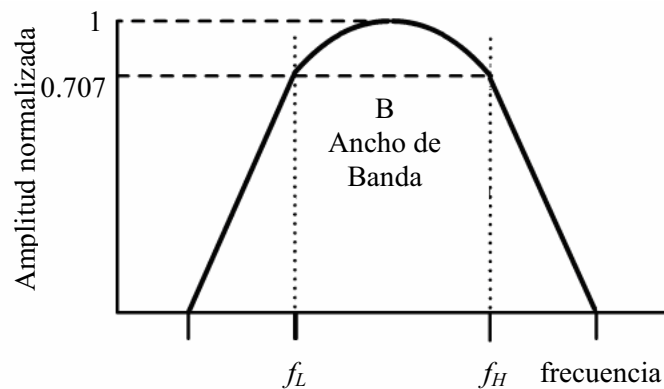


Figura 2.1 Espectro de un sistema limitado en banda.

2.5 MUESTREO Y TEOREMA DE MUESTREO DE NYQUIST

La forma típica de obtener una representación en tiempo discreto de una señal en tiempo continuo es mediante el muestreo periódico. A partir de una señal continua $x_c(t)$ se obtiene una secuencia de muestras $x[n]$ mediante la relación

$$x[n] = x_c(nT) \quad \text{para} \quad -\infty < n < \infty \quad (2.15)$$

Donde T es el período de muestreo y su inverso F_s es la frecuencia de muestreo

$$F_s = \frac{1}{T} \quad (2.16)$$

en radianes

$$\omega_s = \frac{2\pi}{T} \quad (2.17)$$

La operación de muestreo se realiza mediante un convertidor analógico digital (A/D).

De la Figura 2.2, la diferencia fundamental entre $x_s(t)$ y $x[n]$ es que $x_s(t)$ es una señal de tiempo continuo que es cero a excepción de múltiplos enteros de T . Las muestras $x_c(t)$ se representan en $x[n]$ mediante números finitos, mientras que $x_s(t)$ son los impulsos tal como se observa en la ecuación (2.18).

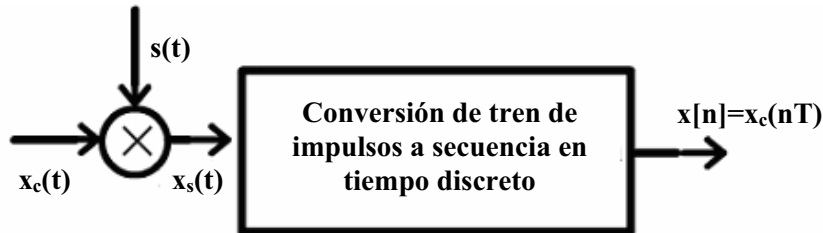


Figura 2.2 Forma general del proceso de muestreo.

Matemáticamente $x_s(t)$ es resultado de la multiplicación de $x_c(t)$ por un tren de impulsos, es decir

$$x_s(t) = x_c(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT) \quad (2.18)$$

que es lo mismo

$$x_s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x_c(nT) \delta(t - nT) \quad (2.19)$$

Si $X_c(j\omega)$ es la transformada de Fourier de $x_c(t)$ y la transformada del tren de impulsos es

$$S(j\omega) = \frac{2\pi}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - k\omega_s) \text{ para } k = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4 \dots \pm \infty \quad (2.20)$$

$$\omega_s = 2\pi F_s \quad (2.21)$$

Entonces $X_s(j\hat{\omega})$ es la convolución de $X_c(j\omega)$ con $S(j\omega)$ que a su vez es

$$X_s(j\omega) = \frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_c(j(\omega - k\omega_s)) \quad (2.22)$$

Observando la ecuación anterior se observa que $X_s(j\omega)$ consiste en copias periódicas de $X_c(j\omega)$

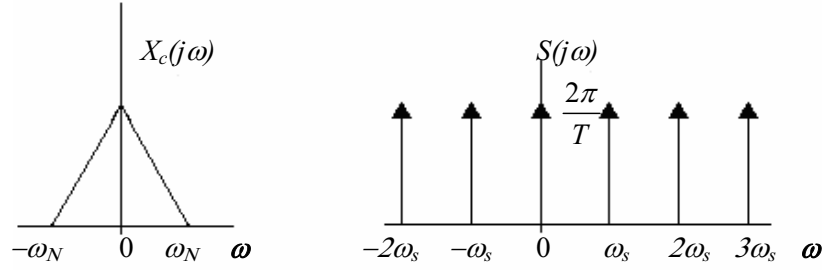


Figura 2.3 Espectro de la señal $X_c(j\omega)$ y la señal $S(j\omega)$.

Como se observa la señal $X_c(j\omega)$ tiene un ancho de banda ω_N , ahora se presentan dos casos, uno donde ω_N es menor que la mitad de $\hat{\omega}_s$ y otro para el cual ω_N es mayor que la mitad de ω_s . Que se muestran a continuación en la Figura 2.4.

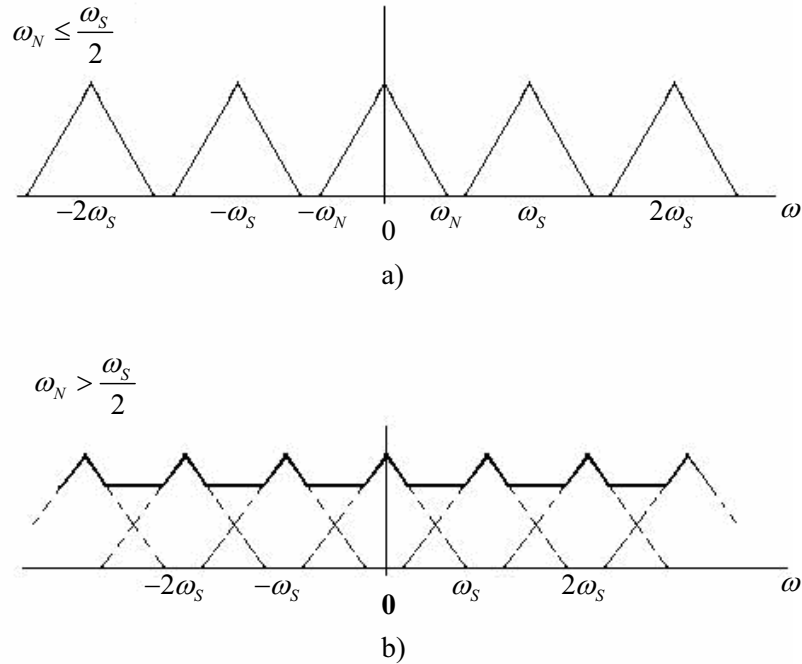


Figura 2.4 Espectro de la señal $X_c(j\omega)$ muestreada.

De la Figura 2.4 se muestra en (a) cuando la frecuencia de muestreo es mayor que dos veces el ancho de banda de $X_c(j\omega)$ se obtiene el espectro periódico, en (b) se muestra cuando la frecuencia de muestreo es menor que dos veces el ancho de banda de la señal, en éste último caso se presenta el fenómeno de aliasing, es decir los espectro periódicos se solapan unos a otros.

Cuando ω_N es mayor que la mitad de ω_s se presenta una distorsión llamada distorsión de solapamiento (*aliasing*), lo cual significa que las componentes de alta frecuencia de $X_C(j\omega)$ toman la identidad (*alias*) de las componentes de baja frecuencia de la señal $X_C(j\omega_s - j\omega)$.

De lo anterior surge el Teorema de Muestreo de Nyquist.

Sea la señal $x_c(t)$ de banda limitada, es decir

$$X_C(j\omega) = 0 \text{ para } |\omega| \geq \omega_N \quad (2.23)$$

La señal $x_c(t)$ estará determinada de forma única (no habrá *aliasing*) por sus muestras

$$x[n] = x_c(nT) \text{ para } n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.24)$$

Si se cumple que

$$\omega_s = \frac{2\pi}{T} \geq 2\omega_N \quad (2.25)$$

Para lo cual $2\omega_N$ es llamada frecuencia de Nyquist

Para que la secuencia de la ecuación (2.24) represente a $x_c(t)$, tal que $x_c(t)$ está limitada en banda por lo que su espectro $X_C(j\omega)$

$$X_C(j\omega) = 0 \text{ para } |\omega| \geq \omega_N \quad (2.26)$$

ω_s debe ser mayor o igual a $2\omega_N$

2.6 FILTRADO

Filtrado es el proceso de remover o alterar partes del contenido de la frecuencia de una señal para producir una nueva señal.

2.6.1 Filtros digitales

Los filtros digitales operan con señales discretas, teniendo las características de los filtros de tiempo continuo tales como frecuencia de corte, banda de supresión, banda de paso, etc. Estos operan realizando sumas, productos y redondeos sobre las señales.

Existen dos tipos de filtros digitales lineales, filtros FIR e IIR.

2.6.1.1 Filtros IIR (Respuesta Infinita al Impulso)

Para el diseño de filtros de tiempo continuo existen una serie de fórmulas y plantillas estándar para su diseño. Para el diseño de un filtro IIR, un método muy utilizado consiste en diseñar un filtro de tiempo continuo equivalente y se aplica la transformada bilineal del tiempo continuo al tiempo discreto.

Los filtros IIR son frecuentemente referidos como filtros recursivos ya que son descritos por ecuaciones en diferencias donde la salida $y[n]$ depende tanto de los valores de entrada $x[n]$ así como de los valores previos de la salida [32].

Un filtro IIR puede ser caracterizado por la ecuación en diferencias

$$y(n) = \sum_{i=0}^k b_i x(n-i) - \sum_{i=1}^k a_i y(n-i) \quad (2.27)$$

Donde a_i y b_i son los coeficientes del filtro.

2.6.1.2 Filtros FIR (Respuesta Finita al Impulso)

La ventaja de los filtros FIR es que pueden ser diseñados para tener una fase lineal, una respuesta de fase lineal es importante en aplicaciones donde la distorsión en la fase puede degradar una señal, tal como en la transmisión de datos, voz, audio y aplicaciones de televisión [3].

Un filtro FIR causal puede ser caracterizado por la ecuación en diferencias

$$y(n) = \sum_{i=0}^k b_i x(n-i) \quad (2.28)$$

Donde el valor de la salida $y[n]$ de un filtro FIR depende únicamente de valores previos de la entrada $x[n]$, a diferencia de un filtro IIR el cual necesita una realimentación. Una forma de diseñar un filtro FIR es mediante la técnica llamada técnica de ventanas la cual a continuación se explica.

2.6.2 Técnica de ventanas

Es una técnica muy utilizada en el diseño de filtros FIR. Esta técnica es simple porque los coeficientes del filtro pueden ser obtenidos en forma cerrada sin la necesidad de resolver problemas complejos de optimización, como con otras técnicas de diseño de filtros FIR más sofisticados.

Para entender la técnica de ventanas, primero se considera el proceso de obtener una respuesta al impulso de longitud finita por truncamiento de la secuencia al impulso de

duración infinita. Suponemos que $H_d(e^{j\omega T})$ es la respuesta paso bajas ideal deseada con frecuencia de corte ω_c [3] tal como se muestra en la Figura 2.5. Ya que la respuesta en la frecuencia de un filtro FIR es una función periódica, que puede ser expresada como una serie de Fourier como

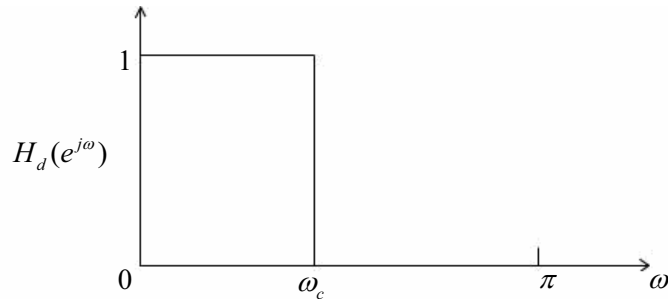


Figura 2.5 Espectro de filtro paso bajas ideal.

$$H_d(e^{j\omega T}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h_d(nT) e^{-j\omega nT} \quad (2.29)$$

donde

$$h_d(nT) = \frac{T}{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{T}}^{\frac{\pi}{T}} H_d(e^{j\omega T}) e^{j\omega nT} d\omega \quad (2.30)$$

$H_d(e^{j\omega T})$ se puede considerar como una constante en su banda de paso y cero en su banda de supresión, con discontinuidades en los bordes entre bandas. Por lo tanto, la secuencia al impulso $h_d(nT)$ es de duración infinita [3]. Por ejemplo, para la respuesta pasa bajas ideal que se muestra en la Figura 2.5, la correspondiente respuesta al impulso está dada por la ecuación (2.31).

$$h_d(nT) = \frac{\omega_c T}{\pi} \left(\frac{\sin \omega_c nT}{\omega_c nT} \right) \quad -\infty \leq n \leq \infty \quad (2.31)$$

De lo cual se observa que se trata de un filtro no causal y no realizable. Una forma de obtener una respuesta impulso causal de duración finita consiste en truncar $h_d(nT)$ e introducir retrasos suficientes para obtener una respuesta impulso causal [3].

$$h(nT) = \begin{cases} h_d'(nT) & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{todos los demás valores} \end{cases} \quad (2.32)$$

Donde $h_d'(nT)$ es una versión de $h_d(nT)$ retrasada. Esto puede ser representado como el producto de la respuesta impulso deseada y una ventana $w_r(nT)$ como se muestra en la ecuación (2.33).

$$h(nT) = h_d'(nT)w_r(nT) \quad (2.33)$$

Donde $w_r(nT)$ es la función ventana rectangular definida como

$$w_r(nT) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{todos los demás valores} \end{cases} \quad (2.34)$$

Si se realiza el cambio de variable ωT por θ y utilizando el hecho que al multiplicar dos secuencias de tiempo discreto corresponde a una convolución de sus transformadas de Fourier [3]. Tal como se observa en la ecuación (2.35).

$$H(e^{j\omega}) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} H_d'(e^{j\theta})W_r(e^{j(\omega-\theta)})d\theta \quad (2.35)$$

Donde $W_r(e^{j\theta})$ es el espectro de la ventana rectangular. Ya que ambas funciones en la integral son periódicas el resultado es una convolución circular y los límites de integración son tomados sobre un período. Por lo tanto la respuesta en la frecuencia $H(e^{j\omega})$ será una versión distorsionada de la respuesta deseada $H_d'(e^{j\omega T})$ [3].

Ahora bien se analizará el espectro de la ventana rectangular, cuyo espectro se define por la ecuación (2.37).

$$W_r(e^{j\omega T}) = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j\omega n T} \quad (2.36)$$

$$W_r(e^{j\omega T}) = e^{-j\omega(N-1)\frac{T}{2}} \frac{\sin(\omega N \frac{T}{2})}{\sin(\omega \frac{T}{2})} \quad (2.37)$$

La figura 2.6 muestra la amplitud del espectro en dB para una ventana de treinta elementos, N igual a treinta, con lo que podemos observar dos características, ancho del lóbulo principal y la amplitud del lóbulo.

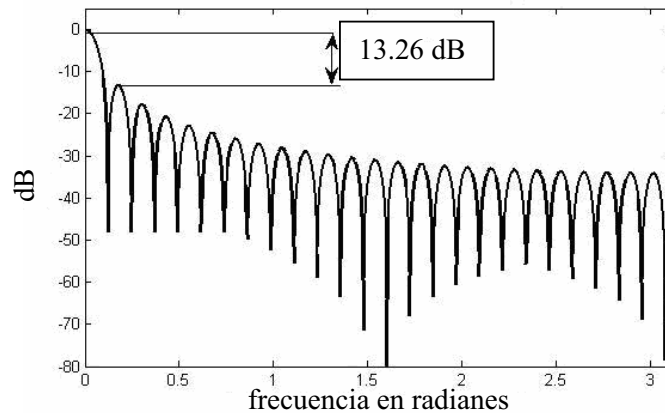


Figura 2.6 Espectro de una ventana rectangular.

El ancho del lóbulo principal está definido como la distancia entre los dos puntos mínimos más cercanos a ω igual a cero, donde $W_r(e^{j\omega T})$ es cero. Para una ventana rectangular, el ancho del lóbulo principal es igual a $\frac{4\pi}{N}$. La máxima amplitud del lóbulo lateral para el espectro es igual a aproximadamente -13 dB relativos al máximo valor en ω igual a cero [3].

2.7 ACÚSTICA

La acústica es la parte de la física que estudia las propiedades, producción, reproducción y propagación del sonido.

2.8 SONIDO

El sonido es la sensación producida en el cerebro cuando el oído percibe la vibración de un cuerpo, que se propaga en ondas a través de un medio elástico llamado medio acústico. El sonido es un movimiento ondulatorio longitudinal que se propaga en el aire tal como se puede ver en la Figura 2.7. El aire que está junto al cuerpo en este caso un diapasón que vibra comprime las partículas vecinas, éstas a las siguientes y así sucesivamente va avanzando a la zona de compresión. Instantes después, el cuerpo cuando se contrae, las partículas vecinas se mueven en sentido contrario con lo que se produce una zona donde se precipitan las partículas contiguas y así sucesivamente se va propagando a una zona de dilatación que se aleja más y más de la fuente. Cuando estas compresiones y dilataciones llegan al tímpano lo ponen en vibración con lo que el cerebro lo interpreta como sonido [16].

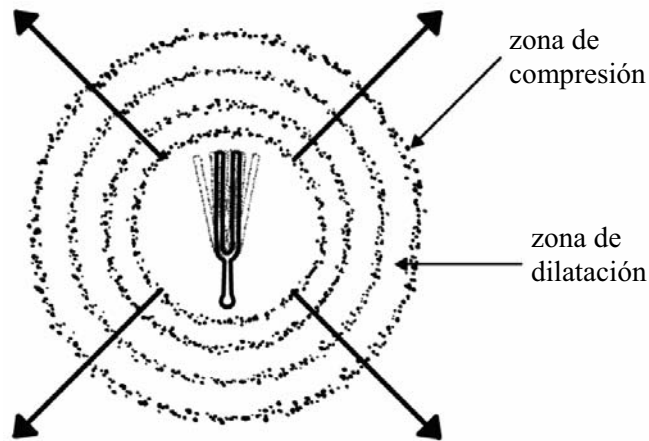
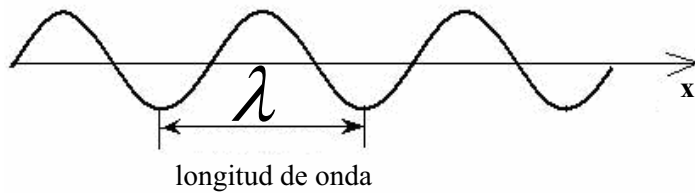


Figura 2.7 Vibración de un diapasón y el aire cercano.

Cuando un sonido es transmitido, los parámetros de la onda son velocidad, longitud de onda y frecuencia. La frecuencia y la forma de onda están determinadas por la vibración que causa el sonido, la velocidad y la longitud de onda son dependientes del medio que transporta la onda de sonido. La relación entre velocidad, longitud de onda y frecuencia está dada en la Figura 2.8. La figura muestra como varía una señal en el espacio en un instante de tiempo.



frecuencia = número de ondas que atraviesa un punto en un segundo

velocidad = distancia que se desplaza el pico o valle de una onda por segundo

$$v = \lambda f$$

Figura 2.8 Relación entre la frecuencia y longitud de onda de una señal.

La relación de la ecuación siguiente

$$v = \lambda f \tag{2.38}$$

Es válido para todo movimiento de onda ya sea sonido, ondas electromagnéticas como la luz. El sonido es un fenómeno multidimensional, el cual involucran cambios instantáneos de presión, estas dimensiones son espacio tridimensional y un espacio temporal.

Del ejemplo de la Figura 2.8, el período es el tiempo transcurrido entre la emisión de dos zonas de compresión consecutivas, la longitud de onda es la distancia entre dos zonas de compresión consecutivas.

2.8.1 Intensidad y volumen

Existe una relación entre la fuerza de una onda de sonido “intensidad” y la impresión de volumen que provoca. La amplitud de las vibraciones que emite la fuente está directamente relacionada con la cantidad de energía que se le aplica. En el caso de la fuente puntual de sonido que emite ondas esféricas, esta potencia se distribuirá uniformemente sobre la superficie de una esfera en expansión continua. La intensidad de sonido se define como la proporción de la energía que pasa por el área de unidad de frente de onda $[W/m^2]$. Por lo tanto a una distancia dada r desde la fuente, la intensidad (sin considerar pérdidas) será igual a la potencia total de la fuente W dividida por el área del frente de onda. Como el área de superficie de una esfera es $4\pi r^2$ esto nos da la ecuación (2.39).

$$\text{Intensidad} = \frac{W}{4\pi r^2} \quad (2.39)$$

La cual es una ecuación de cuadrados inversos y que constata que la intensidad de onda esférica decae en proporción al cuadrado de la distancia. A distancias más grandes de la fuente de sonido la curvatura del frente de onda decrece, aproximándose a las características de una onda plana, mientras que la proporción de reducción en intensidad para distancias más cortas baja considerablemente.

En general, para un frente de onda la intensidad del sonido es la cantidad de energía que atraviesa el área de la superficie.

$$\text{Intensidad} = \frac{W}{A} \quad (2.40)$$

En la Figura 2.9 se observa el cambio de intensidad del sonido al aumentar la distancia hacia la fuente.

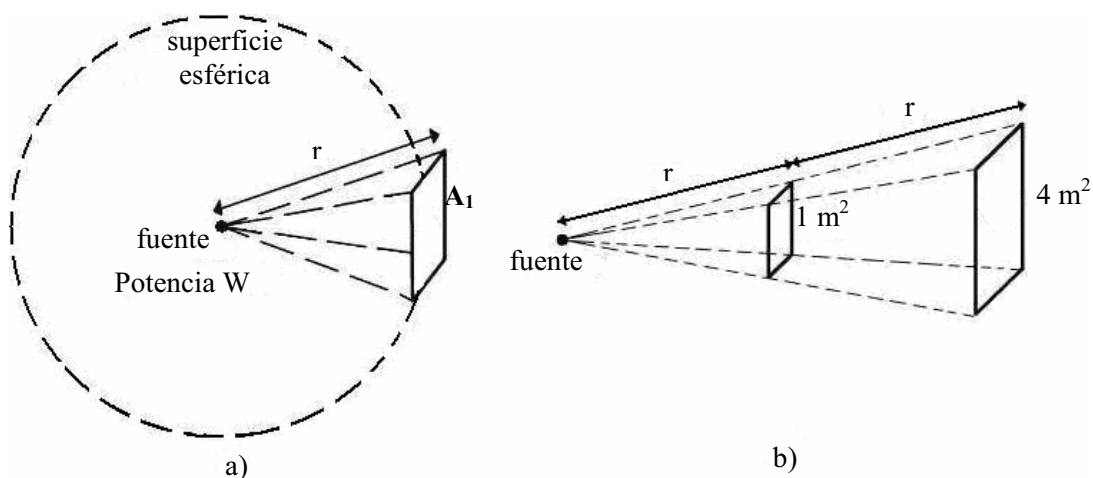


Figura 2.9 Disminución de la intensidad al aumentar el área de superficie por la cual atraviesa la misma cantidad de energía.

En (a) se muestra como una fuente omnidireccional genera ondas esféricas y en (b) se observa que la energía en forma de sonido que atraviesa el área de 1 m^2 , es la misma energía que atraviesa una distancia $2r$ una superficie de 4 m^2 y de acuerdo con la ecuación (2.40) su intensidad disminuye [1].

2.8.2 Ecos y reverberaciones

La reflexión de la onda sonora se observa cuando los sonidos llegan al oído después de reflejarse a una distancia bastante considerable, de tal manera que produce una repetición o eco de la original. El oído humano no puede identificar un sonido de eco a menos que la onda original y la onda reflejada estén separadas por un intervalo de tiempo de al menos $1/15$ segundos (60 ms). La reflexión en distancias más cortas se percibe como un simple reforzamiento y prolongación del sonido.

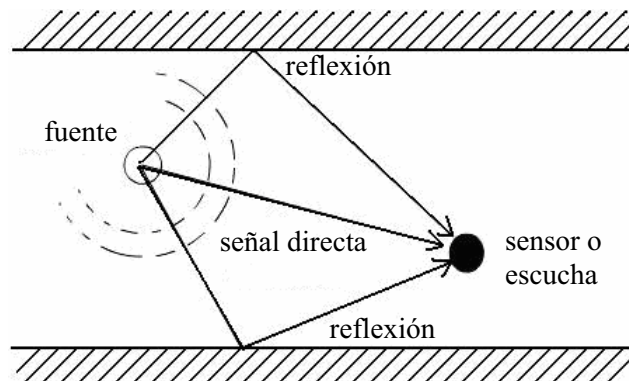


Figura 2.10 Reflexiones del frente de onda esférico de una fuente omnidireccional.

Cuando una fuente comienza a emitir sonidos, la intensidad medida en ese punto incrementará por pequeñas cantidades de reflexiones sucesivas que llegan desde la pared, suelo y techo, hasta que se consigue un valor equilibrado. Además, cuando la fuente se apaga, la intensidad del sonido no cae a cero inmediatamente, sino que se pierde más o menos gradualmente, dependiendo de las características acústicas del recinto. Esta prolongación de sonido en un recinto se denomina reverberación [2].

2.8.3 Percepción del sonido por el oído humano

Los límites del intervalo de frecuencias, que es capaz el oído humano de captar, varían por distintas circunstancias. El límite inferior dependiendo de la fuente que se consulte puede ser de 16 ó 20 Hz, el límite superior es variable en cada individuo dependiendo de su ambiente, salud y edad; 20 kHz pueden ser percibidos por una persona en su adolescencia, algunas personas mayores de 60 años tienen dificultades en escuchar frecuencias por encima de 8 a 10 kHz. Sin embargo, 16 kHz es una frecuencia razonable para considerar como el límite superior para un adulto promedio.

Se asume que dispositivos como micrófonos y bocinas tienen una banda de frecuencias uniforme. En cambio el oído humano no tiene este comportamiento, tal como

se muestra en la Figura 2.11, que muestra uno de los aspectos de la respuesta normal del oído.

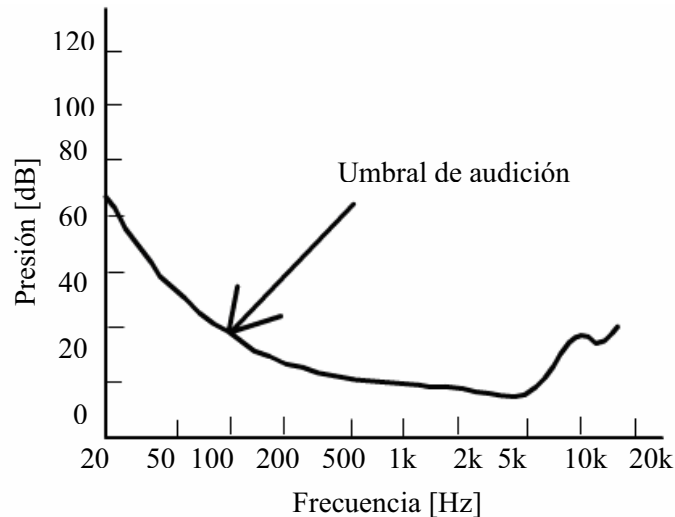


Figura 2.11 Umbral de audición frecuencia [Hz] vs Presión [dB][23].

La curva se llama umbral de audición y muestra la presión mínima de sonido necesaria para crear una sensación en el oído, como se puede observar entre 200 Hz y 5 kHz la respuesta tiende a ser plana. El eje horizontal representa la frecuencia en Hz y el vertical son dB para lo cual se toma como referencia una presión de 20 μ Pa. La gráfica representa la presión mínima de sonido que puede ser detectada por el oído, como se puede apreciar el oído es más sensible a frecuencias cercanas a 3 kHz. También se puede observar que el oído es más insensible a bajas frecuencias en comparación a las frecuencias cercanas a 3 kHz, además que existe insensibilidad a altas frecuencias aunque esto es menos evidente [23].

2.8.4 Sensor y transductor

Un sensor es un dispositivo que detecta una cantidad física como presión, voltaje, corriente, intensidad luminosa, etc. En cambio un transductor es un dispositivo que convierte un tipo de energía a otro tipo de energía como por ejemplo presión en un movimiento mecánico, un movimiento mecánico en voltaje, etc.

La diferencia entre transductor y sensor con frecuencia es muy tenue, ya que un sensor ejecuta una acción de transducción y el transductor debe necesariamente sentir una cantidad física. La diferencia yace en la eficiencia de conversión, el propósito de un sensor es detectar y medir por lo que su eficiencia, aunque sea baja, de 5% o de 0.1% es de poca importancia con tal de conocer la cantidad física, en cambio la linealidad de respuesta definida como la relación entre la salida y la entrada es de mayor importancia para un sensor en comparación a un transductor; por otro lado un transductor que convierte un tipo de energía en otra su eficiencia tiene una mayor importancia, por lo que se desea una alta

eficiencia, aun cuando en algunos casos ésta sea baja debido a las propiedades de los materiales [20].

2.8.5 Micrófono

El micrófono es un transductor ya que convierte los cambios de presión del aire es decir el sonido en voltaje. Dependiendo del material del diafragma será el tipo de micrófono como se verá mas adelante. El efecto de una onda de sonido sobre un material que golpea es lo que hace vibrar al material, y en el curso de esta vibración cada parte del material será acelerado. La aceleración está en direcciones alternadas, y no hay un desplazamiento físico del material, pero una salida eléctrica puede ser obtenida al conectar el material.

Muchos micrófonos dependen de un diafragma como transductor de la amplitud de una onda de sonido a un mecanismo de vibración, y es la vibración del diafragma que es utilizada para transducir a una forma eléctrica. Las características de un micrófono son tanto de tipo acústicas como eléctricas. La sensibilidad total está expresada en mV o μ V de salida eléctrica por unidad de intensidad de onda de sonido o en términos de aceleración producida por la onda de sonido.

Los micrófonos responden de diferentes formas al sonido que proviene de diferentes direcciones. Algunos responden de igual forma al sonido de todas direcciones, otros tienen diferentes niveles de salida para fuentes de sonido en diferentes ángulos alrededor del micrófono. La relación entre la sensibilidad del micrófono y el ángulo de la señal con respecto al frente del micrófono se puede graficar como un patrón polar o respuesta polar como el que se muestra en la Figura 2.12. Por lo general se utiliza una habitación o espacio sin eco donde los micrófonos son expuestos a un tono de una sola frecuencia y el voltaje de salida es medido con respecto al ángulo que hay entre el diafragma del micrófono y la fuente del tono.

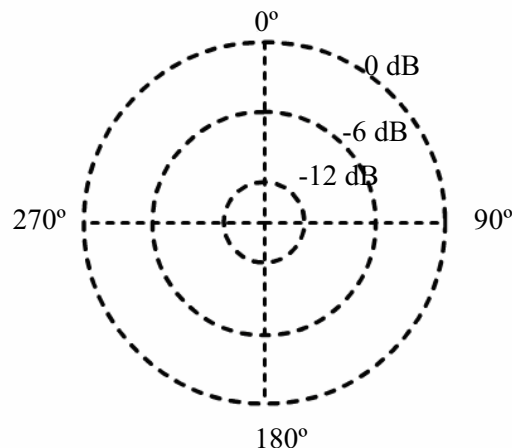


Figura 2.12 Patrón polar utilizado para caracterizar micrófonos ya sea a una o en varias frecuencias.

El voltaje a cero grados es llamado la referencia de cero dB y los voltajes en otros ángulos son referidos a éste.

Los tres patrones polares principales son omnidireccionales, unidireccionales y bidireccionales. Un micrófono omnidireccional es igualmente sensible a sonidos que provienen de todas direcciones. Un micrófono unidireccional es más sensible a los sonidos que provienen de una dirección en particular, por lo tanto discrimina sonidos que inciden a los lados o por detrás del micrófono. Un micrófono bidireccional es más sensible al sonido proveniente de dos direcciones pero rechaza sonidos que llegan de otros lados [1].

El patrón mostrado en la Figura 2.13 (a) es el de un micrófono omnidireccional, el micrófono es sensible en todas direcciones. En (b) se muestra el patrón de un micrófono bidireccional, el micrófono es más sensible a 0° y 180° y menos sensible a 90° y 270° . Y por último el patrón mostrado en (c) es el de un micrófono unidireccional que es mas sensible a 0° pero a 180° es menos sensible.

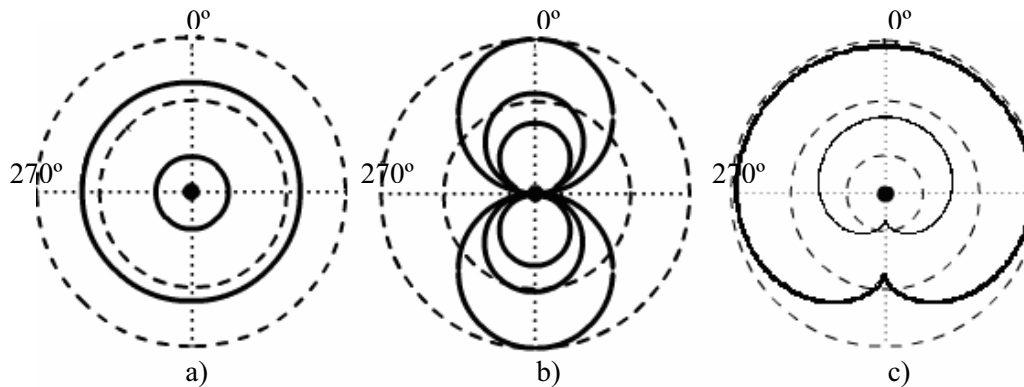


Figura 2.13 Patrones polares de tres tipos de micrófonos.

2.8.6. Micrófono condensador

Este tipo de micrófono es llamado así porque el elemento transductor es un simple capacitor cuyos dos electrodos son formados por un diafragma delgado conductor y una placa trasera separada por un espacio de aire, como se muestra en la Figura 2.14. Se polariza con un voltaje de corriente directa a través de sus electrodos por medio de una resistencia de gran valor. Este tipo de micrófonos tiene la gran desventaja de requerir voltajes de corriente directa relativamente altos para la polarización, pueden llegar a ser voltajes de 60 a 120 V de corriente directa. Una variante de este tipo de micrófonos elimina esta restricción, el micrófono electret.

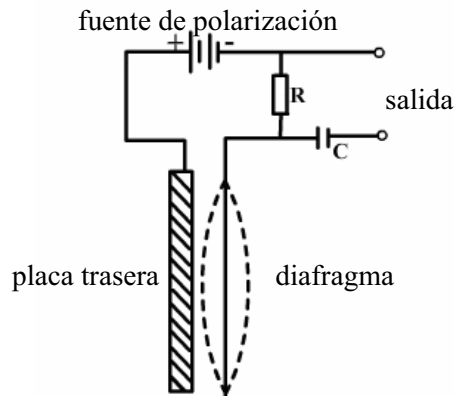


Figura 2.14 Micrófono condensador.

2.8.7. Micrófono electret

Este tipo de micrófonos utilizan un material (fluorocarbonato o policarbonato de flúor) que está polarizado de forma permanente, lo cuál elimina la necesidad de una fuente de corriente directa para la polarización. El material laminado del cual está hecho el micrófono electret es un aislante que proporciona su carga permanente positiva o negativa, la carga electrostática fue inducida en el material en el proceso de fabricación al someter el material a altas temperaturas de 220 °C en un fuerte campo eléctrico (4000 V). Este micrófono se muestra en la Figura 2.15.

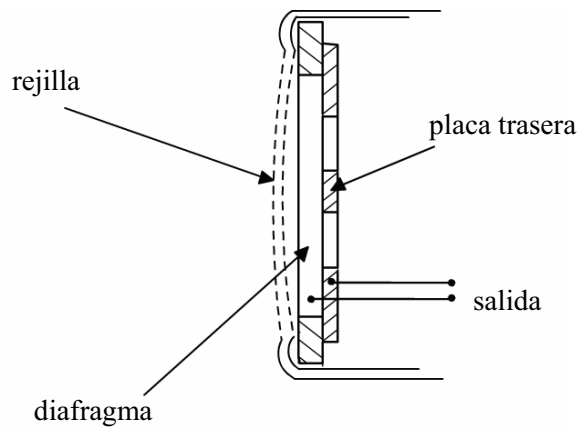


Figura 2.15 Micrófono electret.

Sin la necesidad de una fuente de alto voltaje de corriente directa, en los micrófonos electret las dimensiones pueden ser reducidas de forma considerable, además de permitir que sean robustos haciéndolos resistentes para su manipulación. Aunque no requiera una fuente de voltaje para la polarización, aun es necesaria para la etapa de preamplificación de la señal, ya que el voltaje de salida del micrófono es del orden de los μV [21].

2.9 Síntesis

Para el desarrollo de la tesis es necesario conocer la naturaleza de las señales que se utilizan por lo que se han definido los conceptos de señal, como se clasifican los distintos tipos de señales que existen. Además se incluye la teoría de Fourier, en especial la transformada de Fourier. Ya que las señales que se utilizan para el desarrollo de esta tesis es una onda sonora, se ha estudiado el sonido y algunos fenómenos que presentan este tipo de ondas y como el oído humano es sensible a este tipo de ondas y como es su respuesta dependiendo de la frecuencia de la señal. Para poder manipular este tipo de señales es necesario convertirlas a señales eléctricas lo cual hacen los micrófonos. Existen distintos tipos de micrófonos pero solo es de interés el micrófono que se utiliza en el sistema, el micrófono electret, además de algunas de sus características como sensibilidad y su patrón polar.

- Página dejada en blanco intencionalmente -