

# Señales analógicas

## MODULACIÓN Y DEMODULACIÓN

¿Te imaginas este planeta **sin comunicación** telefónica? Si esto sucediera no seríamos partícipes de mucha información relevante para nuestras vidas: desde el saludo de un familiar hasta las operaciones bancarias que podemos realizar desde nuestra casa... y más aún, no podríamos tener **información** de lo que sucede al otro lado del mundo en tan sólo unos segundos. Por éstas y muchas otras razones, la modulación y los sistemas de comunicación tienen un gran impacto social. En los siguientes párrafos se explicará de manera breve el tema de la modulación que es uno de los procesos más poderosos para la **transferencia** de información de un punto a otro.



—Ricardo Galindo Reyes—

**L**a comunicación eléctrica nace con el envío del primer mensaje telegráfico hecho por Samuel F. B. Morse en 1837.

La parte esencial de toda comunicación es el mensaje, el cual es la manifestación física de la información tal y como la produce la fuente.

La información (Figura 1) la podemos encontrar de diversas maneras como son: voz, datos, imagen, video y texto.

La comunicación electrónica se basa en la transmisión de señales, las cuales son una abstracción de cualquier cantidad medible, que es una función de una o más variables independientes tal como el tiempo. Una forma de onda analógica (Figura 2), pueden ser representada por medio de una cantidad física que varía con el tiempo, normalmente en forma suave y continua.

Para que las señales se puedan transmitir es necesario contar con un sistema de comunicación, el cual transporta información desde un origen o fuente a un destino mediante un canal. Por lo general, la información de la fuente no está en una forma que tenga la capacidad de viajar a través de un canal, por tal razón se utiliza un dispositivo llamado transmisor en un extremo y un receptor en el otro.

Hay tres partes esenciales en todo sistema de comunicación (Figura 3): el transmisor, el canal de transmisión y el receptor.

El transmisor procesa la señal de entrada para producir una señal transmitida adaptada a las características del canal de transmisión.

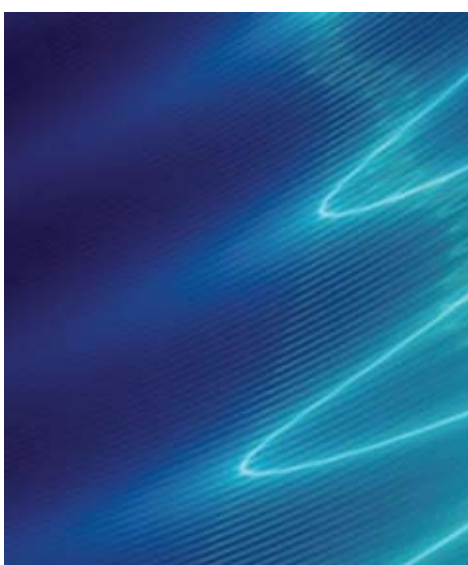
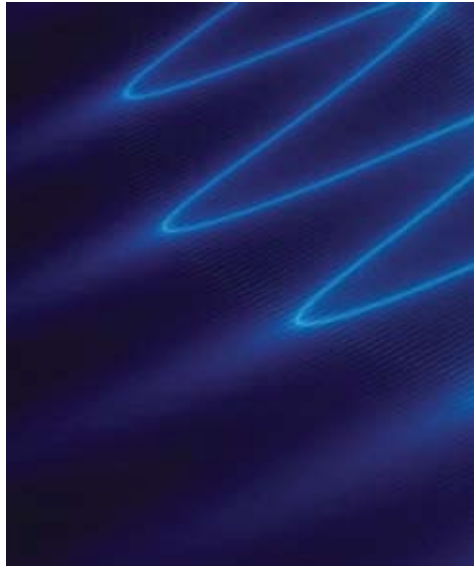
El procesamiento de señales para la transmisión comprende casi siempre la modulación y también puede incluir la codificación. La fuente o la señal de información puede ser analógica o digital. Los ejemplos comunes son las señales analógicas de audio y video, y los datos digitales. La fuente se describe a menudo en los términos del intervalo de frecuencia que ocupa. Por ejemplo, las señales analógicas de voz con calidad telefónica contienen frecuencias que van desde casi 300 Hz (Hertz) a 3000 Hz, en tanto que la música analógica de alta fidelidad necesita un intervalo de frecuencia de alrededor de 20 Hz a 20000 Hz. Un micrófono es un buen ejemplo de fuente analógica.

Un canal de transmisión es el medio eléctrico que forma un puente entre la fuente y el destino. Puede ser un par de alambres, un cable coaxial, una onda de radio o un haz láser. Todo canal introduce alguna cantidad de pérdida o atenuación en la transmisión, de manera que la potencia de la señal disminuye progresivamente conforme aumenta la distancia.

El receptor actúa sobre la señal de salida del canal, las operaciones del receptor incluyen la amplificación para compensar pérdidas en la transmisión, así como la demodulación y decodificación a fin de invertir el procesamiento de la señal ejecutada en el transmisor.

### Modulación

La modulación es el proceso por el cual una propiedad o un parámetro de cualquier señal se hace variar en forma proporcional a una segunda señal. La modulación (Figura 4) comprende dos formas de onda: una señal moduladora que representa el mensaje, y una onda portadora que satisface la aplicación particular. En la amplitud



ou **Tube**  
roadcast Yourse

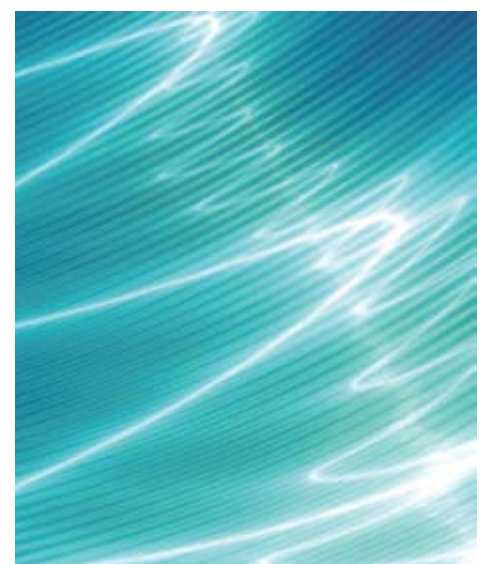


Figura 1  
Información

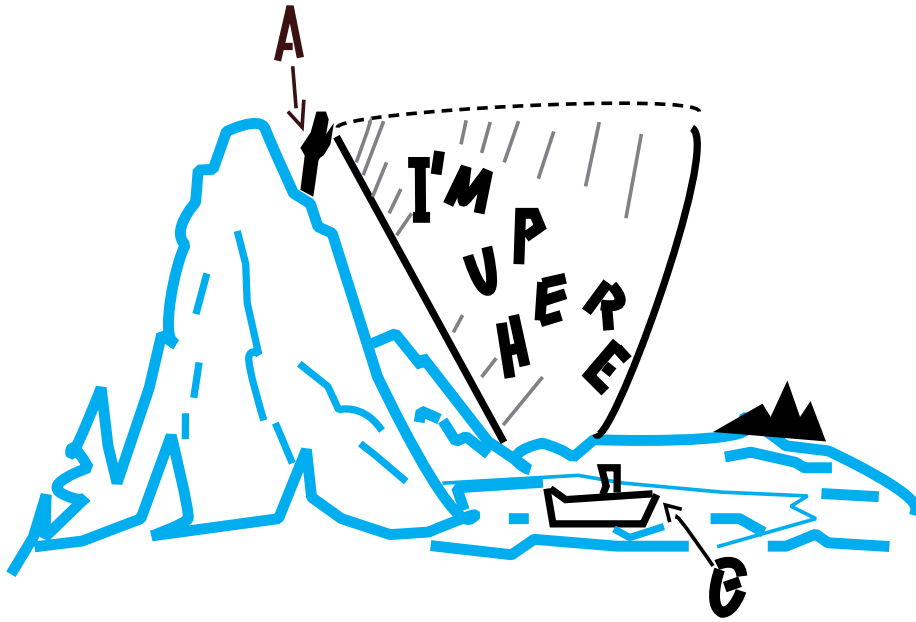


Figura 2  
Señal Analógica

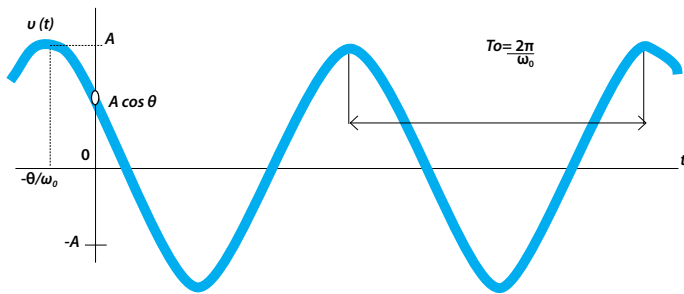


Figura 4

Modulación de Amplitud

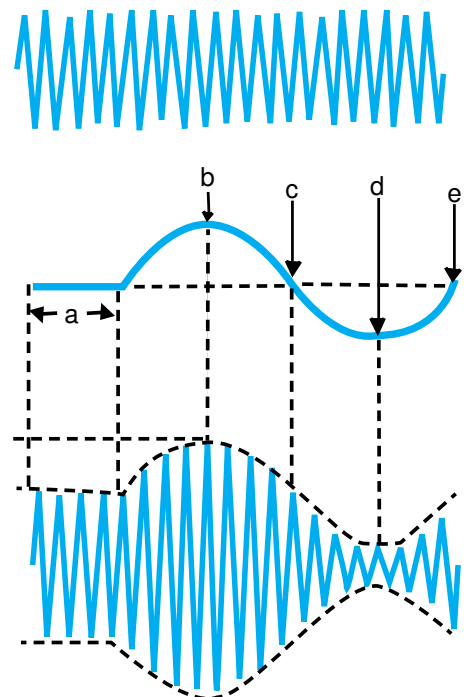


Figura 3  
Sistema de Comunicación

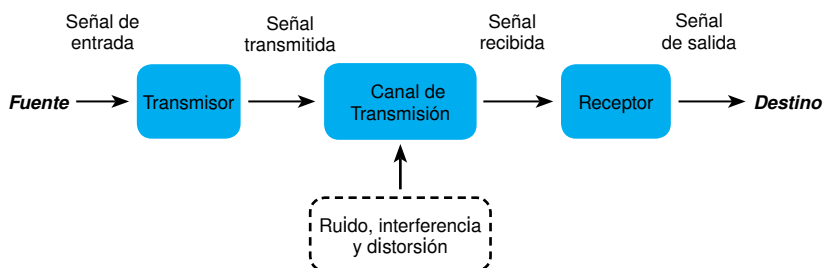


Figura 5

### Longitud típica de antenas para radiotransmisión

Aplicación	Frecuencia	Longitud de la antena
Radio Transocénica	100 MHz	1 km
Radio AM	1 MHz	100 m
Radio FM	100 MHz	1 m
Telefonía GSM	1 GHz	10 cm
Radioenlace	10 GHz	1 cm

Figura 6

### Multiplexión por división de frecuencia

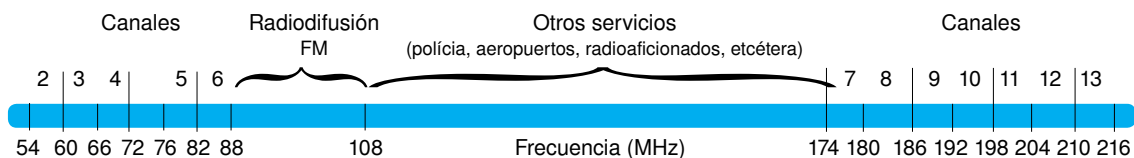
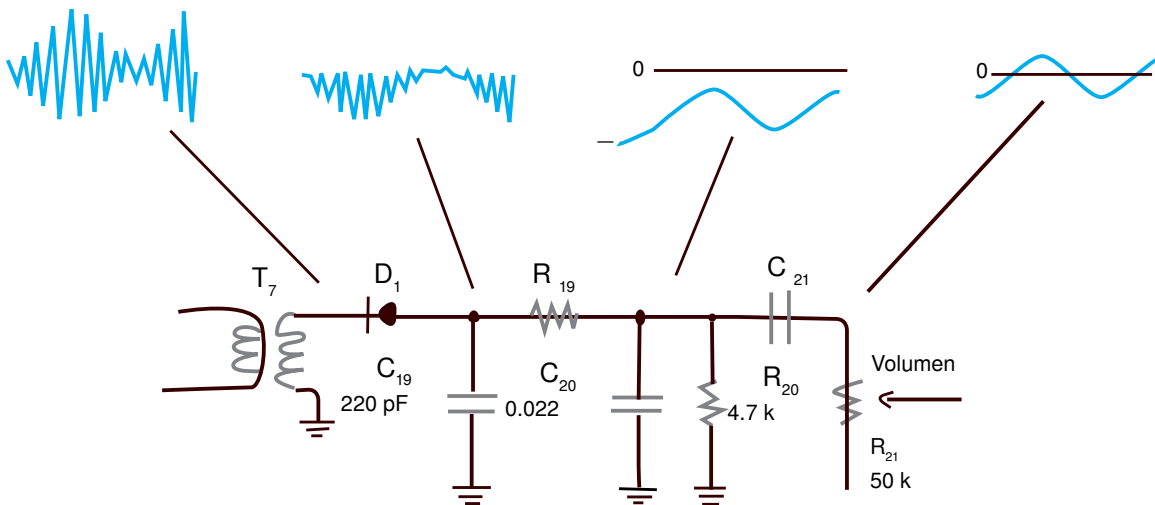


Figura 7

### Circuito eléctrico para recuperar la señal del mensaje



modulada (AM), se hace variar la amplitud de la onda portadora que está caracterizada por una frecuencia y fase fijas, en proporción a una señal moduladora. Esto altera la señal moduladora, trasladando sus componentes de frecuencia a frecuencias más altas. Generalmente se requiere que la modulación sea una operación reversible, de modo que el mensaje se recupere por medio del proceso complementario llamado demodulación.

La siguiente ecuación representa una señal en amplitud modulada (AM)

$$\square_{AM}(t) = A[1 + \square \cos(\square_m t)] \cos(\square_c t)$$

Señal portadora (alta frecuencia)

$$y(t) = A \cos(\square_c t)$$

$\square_m$  es la frecuencia portadora

Señal moduladora (señal de mensaje-baja frecuencia)

$$m(t) = A \square \cos(\square_m t)$$

$\square_m$  es la frecuencia moduladora

### Beneficios y aplicaciones de la modulación

El objetivo principal de la modulación en un sistema de comunicación es generar una señal adecuada a las características del canal de transmisión.

#### Modulación para transmisión eficiente

La transmisión de señales a distancias apreciables comprende siempre una onda electromagnética viajera, con un medio guía o sin él. La eficiencia de cualquier método de transmisión en particular depende de la frecuencia de la señal que está siendo transmitida. Por ejemplo, para la radiodifusión de señales de audio con componentes de frecuencia de 100 Hz, se exigirían antenas cuya longitud sería de aproximadamente 300 km (un décimo de la longitud de onda de la señal a transmitir). Para el cálculo de la longitud de onda de una señal, tenemos la siguiente relación:

$$\square = c / f$$

donde

$f$  = longitud de onda de la señal

$c$  = velocidad de la luz

$f$  = frecuencia de la señal

Como las antenas de transmisión de dimensiones mayores a un cuarto de longitud de onda son ineficientes, es clara la ventaja de elevar la frecuencia a transmitir antes de intentar la transmisión. La transmisión modulada a 100 MHz, como en la radiodifusión de FM (Frecuencia Modulada –banda de 88 a 108 MHz–), permite un tamaño práctico de antena de aproximadamente un metro (Figura 5).

#### Modulación para reducir ruido e interferencia

Un método de fuerza bruta para combatir el ruido y la interferencia consiste en aumentar la potencia de la señal hasta que supere las contaminaciones. Pero aumentar la potencia es costoso y puede dañar el equipo. La FM y otros tipos de modulación tienen la valiosa propiedad de suprimir tanto el ruido como la interferencia.

#### Modulación para asignación de frecuencia

Cuando se sintoniza la radio o la televisión en una estación en particular, se está seleccionando una de las muchas señales (frecuencias portadoras) lo que permite la operación simultánea de muchas estaciones. Si no fuera por la modulación, sólo una estación podría transmitirse en un área determinada, debido a que dos o más estaciones crearían irremediabilmente una mezcla de interferencias.

#### Modulación para multiplexión

La multiplexión es el término que se usa en comunicaciones para referirse a la combinación de dos o más señales de información. Cuando el intervalo de frecuencias disponible se divide entre las señales, el proceso se conoce como multiplexión por división de frecuencia (*frequency-division multiplexing*, FDM).

La Figura 6, representa la transmisión de varias señales analógicas por el método de multiplexión por división de frecuencia en la banda VHF (*Very High Frequency* –muy alta frecuencia–) de televisión. Cada señal está posicionada sobre una

frecuencia portadora o de sintonización particular (el canal 2 estaría situado en la frecuencia central de 57 MHz y el canal 13 en 207 MHz, también se incluyen las estaciones de FM).

#### Demodulación de señales AM

El proceso de recuperar una señal de mensaje que ha sido alterada se llama demodulación. En este punto sabemos que el objetivo de todo sistema de comunicación es reproducir en el destino una réplica aceptable del mensaje de la fuente. Tal como muestra la Figura 7, por medio de circuitos eléctricos que se encuentran en el receptor (en este caso un equipo de radio), es posible obtener una aproximación de la señal que fue transmitida por la fuente (señal de mensaje o de baja frecuencia) y de este modo se completa el ciclo de transmisión y recepción de señales analógicas.

#### Conclusión

La modulación es un proceso inherente al ser humano. De hecho, siempre que una persona habla actúa como un modulador de onda continua. La transmisión de la voz por el aire se realiza mediante la generación de tonos portadores en las cuerdas vocales, posteriormente se modulan dichos tonos con acciones musculares de la cavidad oral. Así, lo que el oído oye como voz es una onda acústica modulada semejante a una señal AM. Finalmente, no hay que olvidar que la modulación analógica y también digital, se encuentra presente en todos los sistemas electrónicos que a diario utilizamos como son: el teléfono celular, los reproductores de formato mp3, los radioceptores para AM y FM, la televisión analógica y digital, la transmisión de señales vía satélite, los aparatos de audio de alta definición, las cámaras de video, las computadoras, etcétera.