

Apunte de Electrónica Aplicada III

Objetivos

El propósito de este capítulo es introducir al estudiante a los conceptos fundamentales de los *sistemas de telecomunicaciones electrónicas* y explicar algo de la terminología básica necesaria para entender los temas más complejos que serán analizados más adelante en esta materia.

En esencia, *telecomunicaciones electrónicas* son la transmisión, recepción y procesamiento de información usando circuitos electrónicos. La información se define como el conocimiento, la sabiduría o la realidad y puede ser en forma *analógica* (proporcional o continua), tal como la voz humana, información sobre una imagen de vídeo, o música, o en forma *digital* (etapas discretas), tales como números codificados en binario, códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales del microprocesador o información de base de datos. Toda la información debe convertirse a *energía electromagnética*, antes de que pueda propagarse por un sistema de comunicaciones electrónicas.

La figura 1-1a es un diagrama en bloques simplificado de un sistema de comunicaciones electrónicas mostrando la relación entre la *información de la fuente* original, el *transmisor*, el *medio de transmisión (conducto)*, el *receptor*, y la *información recibida* en el *destino*. Como se muestra en la figura, un sistema de comunicaciones electrónicas consiste de tres secciones primarias: un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor convierte la información original de la fuente a una forma más adecuada para la transmisión, el medio de transmisión proporciona un medio de conexión entre el transmisor y el receptor (tal como un conductor metálico, una fibra óptica o espacio libre), y el receptor convierte la información recibida a su forma original y la transfiere a su destino. La información original puede originarse de una variedad de fuentes diferentes y ser de forma analógica o digital. El sistema de comunicaciones mostrado en la figura 1-1a es capaz de transmitir información solamente en una dirección (de la estación A a la estación B), mientras que el sistema de comunicaciones mostrado en la figura 1-1b es capaz de transmitir información en ambas direcciones (de la estación A a la estación B y de la estación B a la estación A)

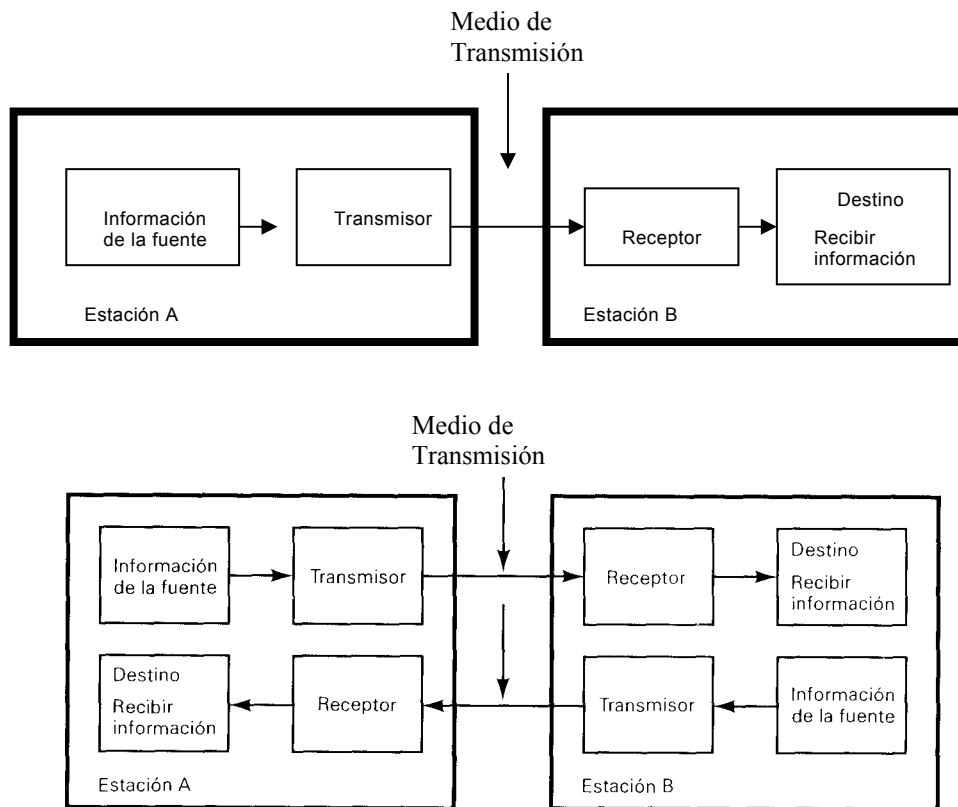


Figura 1-1 Diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones: (a) de sólo una dirección; (b) ambas direcciones.

Cuando se transmite información a partir de muchas fuentes sobre un medio de transmisión común, la información debe combinarse en una señal de información compuesta sencilla. El proceso de combinar la información en una señal de información compuesta se le llama *multicanalización*, y al proceso de separar la información se le llama *desmulticanalización*.

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicaciones electrónicas: analógico y digital. Un *sistema de comunicaciones analógico* es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma analógica (una señal variando continuamente tal como una onda senoidal) Los sistemas de radio comerciales emiten señales analógicas. Un *sistema de comunicaciones digital* es un sistema en el cual la energía electromagnética se transmite y recibe en forma digital (niveles discretos tal como +5 V y tierra) Los sistemas binarios utilizan señales digitales que sólo tienen dos niveles discretos (bi significa dos) Frecuentemente la información de la fuente original está en una forma que no es adecuada para la transmisión y debe convertirse en una forma más adecuada antes de la transmisión. Por ejemplo, con los sistemas de comunicaciones digitales, la información analógica se convierte a una forma digital antes de la transmisión, y con los sistemas de comunicaciones analógicas, la información digital se convierte a la forma analógica antes de la transmisión.

Los sistemas de comunicaciones analógicas fueron los primeros en desarrollarse; sin embargo, en los últimos años los sistemas de comunicaciones digitales se han hecho más comunes. Las razones del cambio de analógica a digital serán evidentes conforme el lector progrese en la materia.

La historia de las comunicaciones electrónicas

La teoría sobre las comunicaciones electrónicas comenzó a mediados del siglo XIX con el físico inglés, James Clerk Maxwell. Las investigaciones matemáticas de Maxwell indicaron que la electricidad y la luz viajan en forma de *ondas electromagnéticas*, y por lo tanto, están relacionadas una con otra. Maxwell predijo que era posible propagar ondas electromagnéticas por el *espacio libre* utilizando descargas eléctricas. Sin embargo, la propagación de ondas fue lograda hasta 1888 cuando Heinrich Hertz, un científico alemán, pudo radiar energía electromagnética desde una máquina que él llamaba *oscilador*. Hertz desarrolló el primer transmisor de radio y, usando estos aparatos, pudo generar radiofrecuencias entre 31 MHz y 1.25 GHz. Hertz también desarrolló la primera *antena* rudimentaria, la cual aún se usa de manera modificada hoy en día. En 1892, E. Branly, de Francia, desarrolló el *primer detector* de radio y, exactamente un año después un experimentador ruso, A. S. Popoff, grabó ondas de radio emanadas de relámpagos.

El primer sistema de comunicaciones electrónicas fue desarrollado en 1837 por Samuel Morse. Morse, usando la *inducción electromagnética*, pudo transmitir información en forma de puntos, guiones y espacios por medio de un cable metálico. Le llamó a su invento el *telégrafo*. En 1876, un canadiense educador y terapeuta del lenguaje llamado Alexander Graham Bell y su asistente, Thomas A. Watson (un inventor también muy conocido), transmitieron exitosamente una conversación humana a través de un *sistema telefónico* funcional usando cables metálicos como medio de transmisión.

En 1894, Guglielmo Marconi, un joven científico italiano, logró las primeras comunicaciones electrónicas inalámbricas cuando transmitió señales de radio a tres cuartos de milla por la atmósfera de la Tierra atravesando la propiedad de su padre. Por 1896, Marconi estaba transmitiendo señales de radio hasta dos millas desde los barcos a tierra, y en 1899 envió el primer mensaje inalámbrico por el Canal de la Mancha de Francia a Dover, Inglaterra. En 1902, las primeras señales trasatlánticas fueron enviadas de Poldu, Inglaterra, a Newfoundland. Lee DeForest inventó el *tubo de vacío de triodo* en 1908, el cual permitió la primera amplificación práctica de las señales electrónicas. La emisión regular de la radio comenzó en 1920, cuando las estaciones de radio AM (Amplitud Modulada) WWJ en Detroit, Michigan y, KDKA en Pittsburgh, Pennsylvania, comenzaron las emisiones comerciales. En 1933, el mayor Edwin Howard Armstrong inventó la frecuencia modulada (FM), y la emisión comercial de las señales FM comenzó en 1936. En 1948, el transistor fue inventado en los Laboratorios de Teléfonos Bell por William Shockley, Walter Brattain y John Bardeen. El transistor llevó al desarrollo y refinamiento del circuito integrado en la década de 1960.

Aunque los conceptos generales de las comunicaciones electrónicas no han cambiado mucho desde su comienzo, los métodos por los cuales estos conceptos se han implantado han sufrido cambios dramáticos y sorprendentes recientemente. No hay realmente límites sobre las expectativas para los sistemas de comunicaciones electrónicas del futuro.

Modulación y demodulación

Por razones que se explican más adelante, no es práctico propagar energía electromagnética de baja frecuencia por la atmósfera de la tierra. Por lo tanto, con las comunicaciones de radio, es necesario superponer una señal de inteligencia de frecuencia relativamente baja a una señal de frecuencia relativamente alta para la transmisión. En los sistemas de comunicaciones electrónicas analógicas, la información de la fuente (señal de inteligencia) actúa sobre o *modula* una señal senoidal de frecuencia única.

Modular simplemente significa variar, cambiar o regular. Por lo tanto, la información de la fuente de frecuencia relativamente baja se llama *señal de modulación*, la señal de frecuencia relativamente alta, sobre la cual se actúa (modulada) se llama la *portadora*, y la señal resultante se llama la *onda modulada* o señal. En esencia, la información de la fuente se transporta a través del sistema sobre la portadora.

Con los sistemas de comunicaciones analógicas, la *modulación* es el proceso de variar o cambiar alguna propiedad de una portadora analógica de acuerdo con la información original de la fuente. Recíprocamente, la *demodulación* es el proceso de convertir los cambios en la portadora analógica a la información original de la fuente. La modulación se realiza en el transmisor, en un circuito llamado *modulador*, y la demodulación se realiza en el receptor, en un circuito llamado *demodulador*. La señal de información que modula la portadora principal se llama *señal de banda base* o simplemente *banda base*. La banda base es una señal de información, como un canal telefónico sencillo, y la *señal de banda base compuesta* es la señal para la información total, como varios cientos de canales telefónicos. Las señales de banda base se convierten a partir de su banda de frecuencia original a una banda más adecuada para transmisión a través del sistema de comunicaciones. Las señales de banda base *se convierten en frecuencia alta* en el transmisor y *se convierten en frecuencia baja* en el receptor. La *traslación de frecuencia* es el proceso de convertir una frecuencia sencilla o una banda de frecuencias a otra ubicación en el espectro de la frecuencia total.

El término *canal* es comúnmente utilizado, cuando se refiere a una banda específica de frecuencias distribuidas, para un servicio en particular o transmisión. Por ejemplo, un canal estándar de banda de frecuencia para voz ocupa un ancho de banda de 3 kHz y se utiliza para la transmisión de señales de voz de calidad. Un canal de RF se refiere a una banda de frecuencias usadas para propagar señales de radiofrecuencia, tal como un canal sencillo y comercial de emisión FM que ocupa, aproximadamente, una banda de frecuencias de 200 kHz dentro de la banda total de 88 a 108 MHz asignada para la transmisión comercial de FM.

La ecuación 1-1 es la expresión general para una onda senoidal variante con el tiempo de voltaje, tal como una portadora analógica. Tres propiedades de una onda senoidal pueden ser variadas: la amplitud (V), la frecuencia (f), la fase (Φ), o cualquier combinación de dos o más de estas propiedades. Si la amplitud de la portadora es variada proporcionalmente a la información de la fuente, resulta la *amplitud modulada (AM)*. Si la frecuencia de la portadora varía proporcionalmente a la información de la fuente, resulta la *frecuencia modulada (FM)*. Si la fase de la portadora varía proporcionalmente a la información de la fuente, resulta la *fase modulada (PM)*.

$$v(t) = V \text{sen}(2\pi ft) + \Phi \quad (1-1)$$

en donde $v(t)$ =onda de voltaje que varía senoidalmente en el tiempo
 V =máxima amplitud (volts)
 f =frecuencia Hz)
 Φ =fase (radianes)

La figura 1-2 es un diagrama a bloques simplificado de un sistema de comunicaciones que muestra la relación entre la señal de modulación (información), la señal modulada (portadora), la onda modulada (resultante) y el ruido del sistema.

Hay dos razones importantes de porque es necesaria la modulación en un sistema de comunicaciones electrónicas. La primera es el hecho de que es extremadamente difícil irradiar señales a frecuencias bajas por la atmósfera de la Tierra en forma de energía electromagnética. Segundo, las señales de información frecuentemente ocupan la misma banda de frecuencia y, si son transmitidas en su forma original, interferirán. Un ejemplo de esto es la banda radiodifusora de FM comercial. Todas las estaciones FM emiten información de voz y música que ocupa la banda de frecuencias de audio de 0 a 15 kHz.

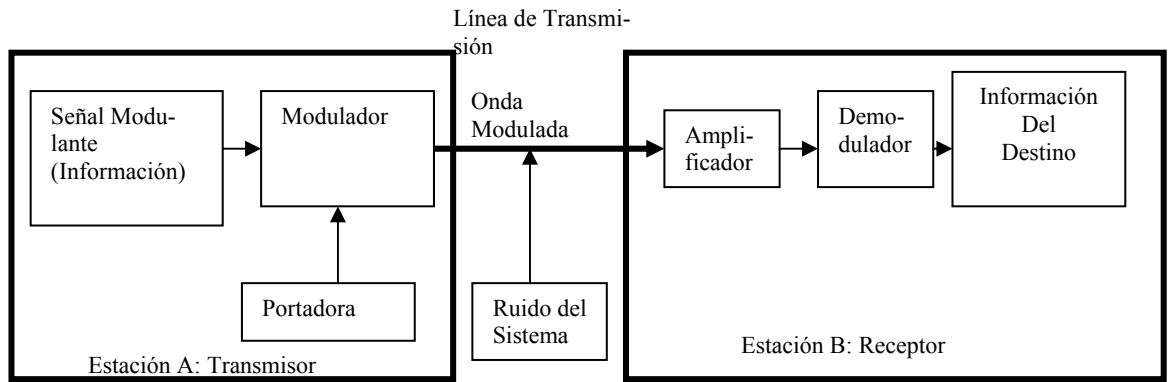


Figura 1-2 Diagrama a bloques del sistema de comunicaciones.

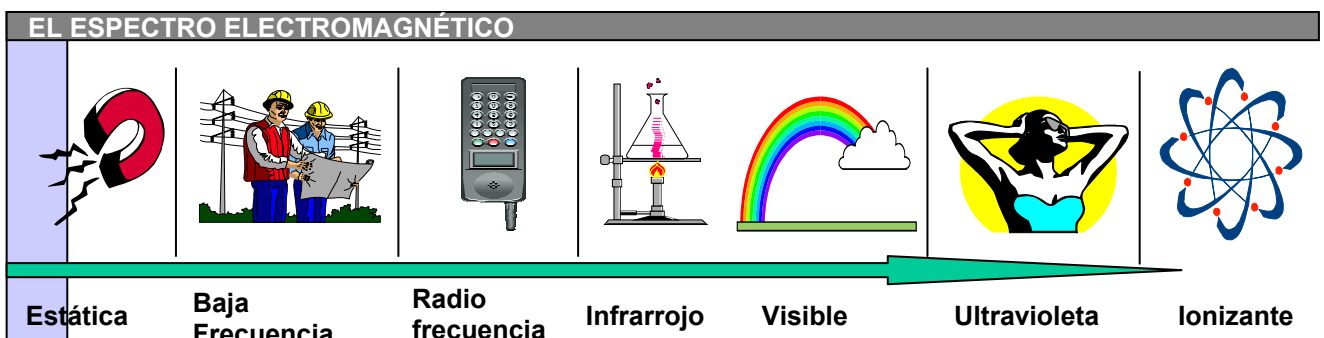
Cada estación traslada su información a una banda de frecuencia diferente (canal), para que sus transmisiones no interfieran con las transmisiones de las demás. Las razones para la modulación y demodulación se explican con detalle en los capítulos 3 y 4, cuando su propósito será más evidente.

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El propósito de un sistema de comunicaciones electrónico es comunicar información entre dos o más ubicaciones (generalmente llamadas *estaciones*) Esto se logra convirtiendo la información de la fuente original a energía electromagnética y después transmitiendo la energía a uno o más destinos, en donde se convierte de nuevo a su forma original. La energía electromagnética puede propagarse en varios modos: como un voltaje o una corriente a través de un cable metálico, como ondas de radio emitidas por el espacio libre o como ondas de luz por una fibra óptica.

La energía electromagnética está distribuida a través de un rango de frecuencias casi infinito. El *espectro de frecuencias electromagnéticas* total que muestra las localizaciones aproximadas de varios servicios dentro de la banda se enseña en la figura 1-3. Puede verse que el espectro de frecuencias se extiende desde las frecuencias *subsónicas* (unos cuantos hertz) a los *rayos cósmicos*, (10^{22} Hz) Cada banda de frecuencias tiene una característica única que la hace diferente de las otras bandas.

Cuando se trata de ondas de radio, es común usar las unidades de la longitud de onda en vez de la frecuencia. La longitud de onda es la longitud que un ciclo de una onda electromagnética ocupa en el espacio (es decir, la distancia entre los puntos semejantes en una onda repetitiva) La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la onda y directamente proporcional a la velocidad de propagación (la velocidad de propagación de la energía electromagnética en el espacio libre se asume que sea la velocidad de la luz, 3×10^8 m/s)



La relación entre la frecuencia, velocidad y longitud de onda se expresa matemáticamente como

$$f = c / \lambda$$

en donde λ = longitud de onda (metros por ciclo)
 c = velocidad de la luz (300,000,000 m/s)
 f = frecuencia (hertz)

Se observa que frecuencias bajas tienen longitudes de onda largas y frecuencias altas longitudes de onda cortas.

EJEMPLO 1-1

Determine la longitud de onda para las siguientes frecuencias: 1 kHz, 100 kHz y 10 MHz.

Solución Sustituir en la ecuación 1-2.

$$\begin{aligned} - \frac{300.000.000}{1.000} &= 300.000 \text{ m} \\ - \frac{300.000.000}{100.000} &= 3000 \text{ m} \\ \frac{300.000.000}{10.000.000} &= 30 \text{ m} \end{aligned}$$

Frecuencias de transmisión

El espectro total de la frecuencia electromagnética está dividido en subsectores o bandas. Cada banda tiene un nombre y límites. En Estados Unidos, las asignaciones de frecuencias para la *propagación de radio en espacio libre*, son asignadas por la *Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) Idem en Argentina*. Por ejemplo, la banda de radiodifusión de FM comercial se extiende de 88 a 108 MHz. Las frecuencias exactas asignadas a transmisores específicos funcionando en las diversas clases de servicios están constantemente actualizándose y alterándose, para cubrir las necesidades de comunicaciones de la nación. Sin embargo, la división general del espectro de frecuencia totalmente utilizable se decide en las *Convenciones Internacionales de Telecomunicaciones*, las cuales son realizadas aproximadamente cada 10 años.

El espectro de *frecuencia de radio (RF)* totalmente utilizable se divide en bandas de frecuencia mas angostas, las cuales son asignadas con nombres descriptivos y números de banda. Las designaciones de banda del *Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR)*, se mencionan en la tabla 1-1. Varias de estas bandas se dividen en diversos tipos

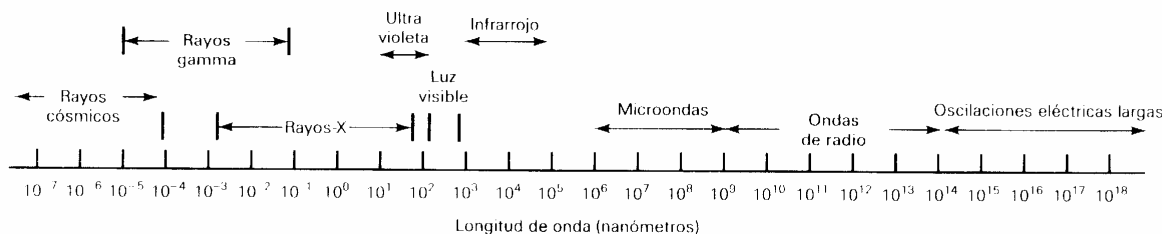


Figura 1-4 Espectro de la longitud de onda electromagnética.

TABLA 1-1 DESIGNACIONES DE LA BANDA DE CCIR

Número de la banda	Rango de frecuencia"	Designaciones
2	30-300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
3	0.3-3 kHz	VF (frecuencias de voz)
4	3-30 kHz	VLF (frecuencias muy bajas)
5	30-300 kHz	LF (frecuencias bajas)
6	0.3-3 MHz	MF (frecuencias medias)
7	3-30 MHz	111' (frecuencias altas)
8	30-300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
9	0.3-3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
10	3-30 GHz	SHF (frecuencias superaltas)
11	30-300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)
12	0.3-3 THz	Luz infrarroja
13	3-30 THz	Luz infrarroja
14	30-300 THz	Luz infrarroja
15	0.3-3 PHz	Luz visible
16	3-30 PHz	Luz ultravioleta
17	30-300 PHz	Rayos-X
18	0.3-3 EHz	Rayos gamma
19	3-30 EHz	Rayos cósmicos

10⁰, hertz (Hz); 10³, kilohertz (kHz); 10⁶, megahertz (MHz); 10⁹ gigahertz (GHz); 10¹², terahertz (THz); 10¹⁵, petahertz (PHz); 10¹⁸, exahertz (EHz)

de **servicios**, tales como una búsqueda a bordo de un barco, microondas, satélite, búsqueda móvil basada en tierra, navegación de barco, aproximación de aeronaves, detección de superficie de aeropuerto, clima desde aeronaves, teléfono móvil y muchos más.

Clasificación de transmisores

Para propósito de licencias en Argentina y la mayoría de los países, los transmisores de radio están clasificados de acuerdo al ancho de banda, tipo de modulación y el tipo de información inteligente que llevan. Las *clasificaciones de emisiones* se identifican por un código de tres símbolos que contienen una combinación de letras y números, como se muestra en la tabla 1-2. El primer símbolo es una letra que designa el tipo de modulación de la portadora principal (amplitud, frecuencia, fase, pulso o sin modulación) El segundo símbolo es un número que identifica el tipo de emisión (analógica, digital etcétera.), y el tercer símbolo es otra letra que describe el tipo de información que está siendo transmitida (datos, telefonía, etcétera) Por ejemplo, la designación ME describe una señal modulada en amplitud, doble banda lateral y portadora completa llevando información telefónica (voz o música)

ANCHO DE BANDA Y CAPACIDAD DE INFORMACIÓN

Las dos limitaciones más significativas en el funcionamiento del sistema de comunicaciones son: el *ruido* y el *ancho de banda*. La importancia del ruido se analizará más adelante en este capítulo. El ancho de banda de un sistema de comunicaciones es la banda de paso mínima (rango de frecuencias) requerida para propagar la información de la fuente a través del sistema. El ancho de banda de un sistema de comunicaciones debe ser lo suficientemente grande (ancho) para pasar todas las frecuencias significativas de la información.

La *capacidad de información* de un sistema de comunicaciones es una medida de cuánta información de la fuente puede transportarse por el sistema, en un periodo dado de tiempo. La cantidad de información que puede propagarse a través de un *sistema de transmisión* es una función del ancho de banda del sistema y el tiempo de transmisión.

TABLA 1-2 CLASIFICACION DE EMISIONES DE FCC

SIMBOLO	LETRA	TIPO DE MODULACIÓN	
Primero	No modulada		
	N	Portadora no modulada	
	Modulación de Amplitud	A	Doble banda lateral, portadora completa (DSBFC)
		B	Banda lateral independiente, portadora completa (ISBFC)
		C	Banda lateral vestigial, portadora completa (SSBFC)
		H	Banda lateral única, portadora completa (SSBFC)
		J	Banda lateral única, portadora suprimida (SSBSC)
		R	Banda lateral única. Portadora reducida (SSBRC)
	Modulación Angular	F	Modulación en frecuencia (FM directa)
		G	Modulación en fase (FM indirecta)
		D	AM y FM simultáneos o en secuencia
	Modulación por pulsos	K	Modulación en amplitud de pulso (PAM)
		L	Modulación en ancho de pulso (PWM)
		M	Modulación en posición de pulso (PPM)
		P	Pulsos no modulados (datos binarios)
		Q	Angulo modulado durante pulsos
		V	Cualquier combinación de modulación de pulso
		W	Cualquier combinación de dos sistemas anteriores
		X	Casos no cubiertos
		Segundo	0
1			Portadora transmitida digitalmente
2	Tono transmitido digitalmente		
3	Análogo (sonido o vídeo)		
7	Dos o más de los canales digitales		
8	Dos o más de los canales analógicos		
9	Análogo y digital		
Tercero	A		Telegrafía manual
	B		Telegrafía automática (teletipo)
	C	Facsimil	
	D	Información, telemetría	
	E	Telefonía (Radiodifusión de sonido)	
	F	Televisión (Radiodifusión de vídeo)	
	N	Ninguna información transmitida	
W	Cualquier combinación de segunda letra		

La relación entre el ancho de banda, tiempo de transmisión y capacidad de información fue desarrollada en 1920 por R. Hartley de los Laboratorios Telefónicos Bell. De manera sencilla, la ley de Hartley es

$$I \propto B \times t \tag{1-3}$$

en donde I = capacidad de información
 B = ancho de banda (hertz)
 t = tiempo de transmisión (segundos)

La ecuación 1-3 muestra que la capacidad de información es una función lineal y directamente proporcional al ancho de banda del sistema y al tiempo de transmisión. Si se modifica el ancho de banda o el tiempo de transmisión, ocurrirá un cambio directamente proporcional en la capacidad de información.

Se requiere aproximadamente 3 kHz de ancho de banda para transmitir señales telefónicas con calidad de voz. Se requieren más de 200 kHz de ancho de banda para la transmisión de FM comercial de música de alta fidelidad y se necesita casi 6 MHz de ancho de banda para las señales de televisión con una calidad de radiodifusión (es decir, cuando mayor sea la cantidad de información por unidad de tiempo, mayor será la cantidad del ancho de banda requerida)

MODOS DE TRANSMISIÓN

Los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden diseñarse para manejar la transmisión solamente en una dirección, en ambas direcciones pero sólo uno a la vez, o en ambas direcciones al mismo tiempo. Estos se llaman *modos de transmisión*. Cuatro modos de transmisión son posibles: *simplex*, *half-duplex*, *full-duplex*- y *full/full-duplex*.

Simplex (SX)

Con la operación simplex, las transmisiones pueden ocurrir sólo en una dirección. Los sistemas simplex son, algunas veces, llamados sistemas *de un sentido*, *sólo para recibir* o *sólo para transmitir*. Una ubicación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos. Un ejemplo de la transmisión simplex es la radiodifusión de la radio comercial o de televisión; la estación de radio siempre transmite y el usuario siempre recibe.

Half-duplex (HDX)

Con una operación half-duplex, las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. A los sistemas half-duplex, algunas veces se les llaman sistemas con *alternativa de dos sentidos*, *cualquier sentido*, o *cambio y fuera*. Una ubicación puede ser un transmisor y un receptor, pero no los dos al mismo tiempo. Los sistemas de radio de doble sentido que utilizan los botones *opríma para hablar (PTT)*, para operar sus transmisores, como los radios de banda civil y de banda policiaca son ejemplos de transmisión half-duplex.

Full-duplex (FDX)

Con una operación full-duplex, las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones al mismo tiempo. A los sistemas de full-duplex algunas veces se les llama *líneas simultánea de doble sentido*, *duplex* o de *ambos sentidos*. Una ubicación puede transmitir y recibir simultáneamente; sin embargo, la estación a la que está transmitiendo también debe ser la estación de la cual está recibiendo. Un sistema telefónico estándar es un ejemplo de una transmisión full-duplex.

Full/full-duplex (F/FDX)

Con una operación full/full-duplex, es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre las mismas dos ubicaciones (es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación y recibir de una tercera estación al mismo tiempo) Las transmisiones full/full-duplex se utilizan casi exclusivamente con circuitos de comunicaciones de datos. El Servicio Postal de Estados Unidos es un ejemplo de una operación full/full-duplex.

ARREGLOS DE CIRCUITOS

Los circuitos de comunicaciones electrónicas pueden configurarse de varias maneras. A estas configuraciones se les llama *arreglos de circuitos* y pueden incluir una transmisión de dos o cuatro hilos.

Transmisión con dos hilos (cables)

Como lo implica su nombre, la *transmisión a dos hilos* contiene dos cables (uno para la señal y uno para la referencia o tierra física) o una configuración de circuito que es equivalente a sólo dos cables. Los circuitos a dos hilos son idealmente adecuados para la transmisión simplex, aunque puede usarse para la transmisión de half-duplex y full-duplex. La línea telefónica entre la casa y la oficina telefónica más cercana es un circuito a dos hilos.

La figura 1-5 muestra los diagramas a bloques para dos diferentes configuraciones de circuito a dos hilos. La figura 1-5a muestra la configuración a dos hilos más sencilla, la cual es un circuito pasivo que consiste de dos cables conectando una fuente de información, a través de un transmisor a un destino en un receptor. Los cables son capaces de ejecutar una transmisión de dos sentidos, pero el transmisor y el receptor no lo pueden hacer. Para intercambiar información en la dirección opuesta, las ubicaciones del transmisor y receptor tienen que ser conmutadas. Por lo tanto, esta configuración tiene capacidad de transmisión en solo una dirección y no proporciona ganancia a la señal. Para realizar una transmisión half-duplex con un circuito a dos hilos, se requiere de un transmisor y un receptor en cada ubicación, y tendrían que estar conectados al mismo par de hilos de tal manera que no interfieran uno con otro.

La figura 1-5b muestra un circuito a dos hilos activo (es decir, uno que proporciona ganancia) Con esta configuración se coloca un amplificador en el circuito entre el transmisor y el receptor. El amplificador es un dispositivo unidireccional y por lo tanto limita las transmisiones a una sola dirección.

Para realizar las capacidades de half-duplex o full-duplex con un circuito a dos hilos, la información viajando en direcciones opuestas, se tendría que alterar de alguna manera o por algún método de conversión de la fuente al destino y del destino a la fuente. La transmisión half-duplex y full-duplex se puede lograr con un circuito de dos hilos, utilizando alguna forma de técnica de modulación, para multicanalizar o combinar las dos señales, de tal manera que no interfieran una con otra, pero pueden mantenerse separadas o convertidas de nuevo a su forma original en el receptor

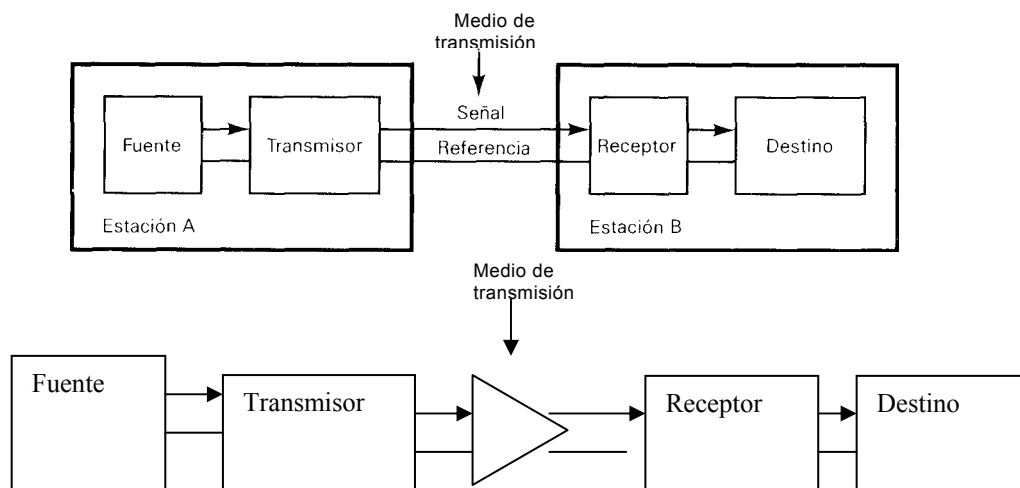


Figura 1-5 Configuraciones de circuito de dos hilos: (a) pasiva (b) activa.

Bibliografía para toda la materia

Apuntes de clase Ing. José Nuñez	
Ruben Kustra	Principios de Transmisión de señales digitales
Paul M Chirlian	Análisis y diseño de Circuitos Electrónicos
Wayne Tomasi	Sistema de Comunicaciones Electrónicas
HC Krauss	Estado sólido en Ingeniería de Radiocomunicación
Willam Stallings	Comunicaciones y Redes de Computadoras
Carlson B	Sistemas de Comunicación
Taub y Schilling	Communication Principles
Reglamento de Radiocomunicaciones	UIT
Freeman R	Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones
Apuntes de Clase de Ing Santa Cruz	
ARRL	Radio Amateur Handbook (Versión CD o libro)

PREGUNTAS DE REPASO

1-1. Defina *comunicaciones electrónicas*.

1-2. ¿Cuáles son los tres componentes fundamentales que integran un sistema de comunicaciones?

1-3. Defina *modulación*.

1-4. Defina *demodulación*.

1-5. Defina *señal portadora*.

1-6. Explique las relaciones entre la información de la fuente, la portadora y la onda modulada.

1-7. ¿Cuáles son las tres propiedades de una portadora analógica que pueden variar?

1-8. ¿Qué organización asigna frecuencias para la propagación de ondas radio en el PAÍS?

1-9. ¿Qué es el espectro electromagnético?

1-10. ¿Cuáles son las dos limitaciones más significativas en el funcionamiento de un sistema de comunicaciones?

1-11. Explique las diferencias entre las transmisiones SX, HDX, FDX y F-FDX.

1-12. Defina **arreglo de circuitos** a dos hilos.

GUÍA DE ESTUDIO Y PAUTAS PARA LA MATERIA

Las mismas propenden a desarrollar los hábitos, habilidades y actitudes requeridas no sólo para esta asignatura sino para la práctica profesional.

1. Para cada tema, formular 20 preguntas conceptuales por escrito cuya respuesta se sepa, y dar también por escrito las respuestas.
2. Para cada tema, formular por escrito 20 dudas (es decir, preguntas cuya respuesta no se encuentre) y evacuarlas con los docentes de la cátedra en los horarios de consulta.
3. Para cada tema, formular por escrito no menos de 10 relaciones con cada uno de los temas anteriores.
4. Para cada tema buscar bibliografía específica y no específica. Para ello hojear libros, catálogos, manuales, hojas de datos, revistas, etc., tanto propios como en la Biblioteca.
5. Analizar el material obtenido en el punto anterior. Por ejemplo, buscar circuitos en revistas y manuales, y analizar su funcionamiento.

6. Para cada tema proponer un mínimo de dos problemas originales, es decir que no sean una mera reproducción de problemas encontrados en el material disponible con cambios numéricos (sí pueden ser el resultado de combinar bloques hallados en otras fuentes). Resolverlos.
7. Escribir una monografía sobre cada tema en la cual se presente en forma concisa pero orgánica el resultado de las actividades anteriores.

NOTAS:

1. Lo anterior debe complementarse con la forma tradicional de estudio, realizando los trabajos propuestos por la cátedra (ya sean problemas o trabajos de laboratorio), además de un estudio detallado y minucioso del material sugerido.
2. Es importante entrenarse para ejecutar la resolución de problemas y diseños contra reloj. La rapidez mental es una ayuda inestimable en la vida profesional, en la que todo se requiere "para ayer"; cuanto antes se aprenda, mejor.
3. También es sumamente importante ejercitar y desarrollar la memoria. Aunque no es bueno estudiar y aprender *exclusivamente* de memoria, sí lo es el poder recordar una gran cantidad de hechos, datos, fórmulas, circuitos, etc., ya que permite conexiones mentales mucho más ágiles y rápidas. Esto redundará en una mayor efectividad en la resolución de los problemas. No hay que olvidar que los grandes genios han sido también enciclopedistas. [Más información](#)
4. De la misma manera, conviene acostumbrarse a realizar frecuentemente cálculos mentales estimativos. Esto facilita la verificación rápida de la consistencia de los resultados de un cálculo.
5. Finalmente, es muy conveniente desarrollar la capacidad de interesarse por todo, no sólo aquellos temas vinculados a una materia o profesión dada, sino los de interés general: políticos, humanísticos, sociales, científicos o tecnológicos vinculados a otras disciplinas, etc. No sólo mejora la cultura general sino que hace al individuo mucho más abierto a generar, aceptar o considerar propuestas o soluciones novedosas o aún revolucionarias en su propia profesión.