

UNIDAD I

INTRODUCCIÓN A LAS TELECOMUNICACIONES

1.1 LAS TELECOMUNICACIONES Y SU IMPORTANCIA EN LA VIDA MODERNA.

Las telecomunicaciones comenzaron a la mitad del siglo XIX con el invento del telégrafo eléctrico que permitió enviar mensajes por medio de letras y números, influyen en muchos aspectos como: el hogar, las empresas, entre otros. Pero todo es a beneficio; en el hogar tenemos los servicios de telefonía, internet, cablevisión, etc.

Para nosotros como estudiantes es una herramienta muy útil; con el desarrollo del internet hemos podido facilitarnos la vida, por la facilidad que se tiene al buscar cualquier información.

Las tecnologías surgidas en la actualidad son herramientas que nos ayudan a resolver necesidades, generando el desarrollo de las empresas ayudando a poder competir en el mercado. Las telecomunicaciones significan para la empresa, comunicación, actualización y progreso.^[1]

Dentro de una empresa se genera un beneficio con sus clientes y proveedores lo cual sirve para desarrollar unas nuevas propuestas de comunicación y servicios, un ejemplo de esto sería que para poder contactar un servicio de una empresa ya no es necesario efectuarlo personalmente, se puede hacer vía telefónica o a través del internet.

1.-<http://www.mitecnologico.com/Main/TelecomunicacionesElImportanciaEnLaVidaModerna>

Una empresa sin una buena utilización de las tecnologías de información y comunicaciones, o telecomunicaciones, aun cuando pueda tener una excelente línea de estrategia propia, representada en un buen producto o una buena presencia en el mercado, camina de modo equívoco y su horizonte es oscuro, a pesar del prometedor presente de que pueda disponer.

Las telecomunicaciones significan, para la empresa, comunicación, actualización y, en definitiva, progreso.

La empresa se enfrenta al reto de satisfacer y agilizar las soluciones internas, dentro de su propio entorno y satisfacer y agilizar las soluciones externas, con sus clientes y proveedores, dentro de unas nuevas propuestas de comunicación y servicios. Comienzan pues a sucederse la aparición de tecnologías que propicien la solución a las necesidades, internas y externas, mencionadas. No se trata de implementar la mejor tecnología, sino la más adecuada para los intereses de la empresa y la precisa, para solucionar las necesidades existentes.

Aunque las telecomunicaciones en nuestros días son de vital importancia debido a que por medio de estas podemos transmitir información a lugares lejanos en fracción de minutos. No toda la población mundial goza de este beneficio solo él entre el 20% y el 25% según las estimaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, si bien hoy muchos de nosotros sabemos usar estos servicios, y lo vemos relativamente fácil de usar, ya es

algo cotidiano para nosotros, hay que recordar que cuando empezamos a utilizarlos por primera vez se nos tornó difícil de usar, a través del tiempo de estar practicando y las enseñanzas que nos dieron, ahora lo manejamos con facilidad.

Es tan grande e importante las telecomunicaciones en nuestros días que la Unión Internacional de (organismo dependiente de la ONU) declaró el 17 de Mayo como el Día Mundial de las Telecomunicaciones o día del internet.

Gracias a la digitalización y al internet que se incorporaron a las telecomunicaciones, se creó una disciplina conocida como Telemática en donde la parte fundamental son las Redes y Movilidad.

La infraestructura no solo es una herramienta de la actividad económica, no solo se encuentra en la tecnología que tiene una ciudad referente en construcción sino como se relaciona con las telecomunicaciones, imaginemos ciudades sin electricidad, sin calles pavimentadas, como se obtendrían los medios necesarios para poder construir y/o mejorar las telecomunicaciones; la infraestructura en las telecomunicaciones es vital para que esta sea mejor cada día, no solo es crecer el servicio y llevarlo a lugares donde no hay, sino también en ir cambiando la infraestructura de este.^[2]

1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN.

Un sistema de comunicación consta de los siguientes elementos:

Mensaje: Es la información a comunicar. Puede ser en forma de texto, número, audio, gráficos.

2.-<http://www.buenastareas.com/ensayos/Importancia-De-Las-telecomunicaciones-En-La/1275529.html>

Emisor: Dispositivo que envía los datos del mensaje. Por ejemplo una computadora, cámara, un teléfono.

Receptor: Dispositivo que recibe el mensaje. Computadora, monitor.

Medio: Es el camino físico por el cual viaja el mensaje. Algunos son el cable par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, laser, microondas.

Protocolo: Conjunto de reglas que permiten la transmisión de datos.

Representa un acuerdo entre los dispositivos.

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son; un transmisor, una línea o medio de transmisión y posiblemente, impuesto por el medio, un canal y finalmente un receptor.

El transmisor es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, ejemplo. La señal. El medio de transmisión, por su naturaleza física, es posible que modifique o degrade la señal en su trayecto desde el transmisor al receptor debido a ruido, interferencias o la propia distorsión del canal.

Por ello el receptor ha de tener un mecanismo de decodificación capaz de recuperar el mensaje dentro de ciertos límites de degradación de la señal. En algunos casos, el receptor final es el oído ó el ojo humano (o en algún caso extremo otros órganos sensoriales) y la recuperación del mensaje se hace por la mente.

La telecomunicación puede ser punto a punto, punto a multipunto o teledifusión, que es una forma particular de punto a multipunto que funciona

solamente desde el transmisor a los receptores, siendo su versión más popular la radiodifusión.

Comunicación. Transferencia de información de un lugar a otro.

Debe ser:

Eficiente → Confiable → Segura

Sistema de Comunicación

Son componentes o subsistemas que permiten la transferencia y el intercambio de información. En la figura 1.2.1 se muestran los elementos que intervienen en la Comunicación.

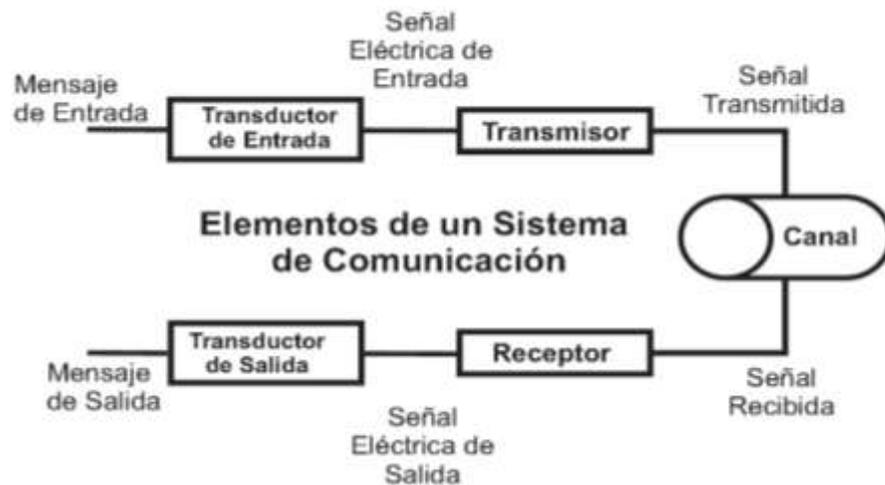


Figura 1.2.1 Elementos de un Sistema de comunicación.

Otra forma de representar los elementos de un sistema de comunicación.

Transductor de entrada. Debe convertir el mensaje o idea a la forma de energía adecuada para la transmisión, que generalmente es una señal eléctrica.

Ejemplo: Micrófono, convierte las ondas sonoras en variaciones de voltaje.

Trasmisor (TX). Toma como entrada la señal generada por el transductor de entrada y utilizando alguna forma de codificación, transmite la señal al canal de comunicación.

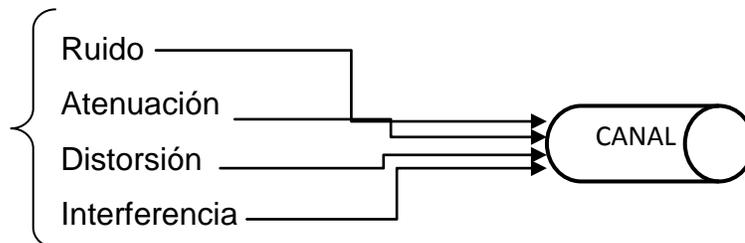
Modulación (AM, FM, PSK). Modifica parámetro de una portadora de acuerdo al mensaje. Ejemplo:

AM. Traslada el mensaje a la banda pasante del canal.

Codificación. Se elimina redundancia presente en el mensaje (Compresión) y se agrega redundancia (bits de paridad) para aumentar Inmunidad frente al ruido.

Otras funciones: Amplificar, Filtrar.

Canal. Tiene la función de llevar la señal generada por el transmisor hasta el receptor, es decir, esa señal se propaga a través del canal de comunicación, el cual degrada la señal e introduce:



Tipos de canales	
Cable duro:	Cable blando:
Par trenzado (cobre)	Aire
Coaxial	Vacio
Guía de onda	Agua de mar
Fibra óptica	

Tabla 1.2.1 Tipos de canales.

Frecuencia	Medio/Propagación	Aplicación
10 ¹¹ Hz – 10 ¹⁵ Hz	Fibra Óptica	Datos de Banda ancha
1 Ghz – 10 Ghz	Guía de ondas/línea vista	Satélites-Celular
1MHz -1GHz	Coaxial/radio	TV,FM
1KHz – 1MHz	Par trenzado / onda terrestre	AM, Aeronáutica, telefonía, telégrafo

Tabla 1.2.2 Frecuencia y aplicación de los medios de propagación.

Receptor (RX). Reconstruye la señal de entrada a partir de la señal recibida.

Proceso inverso al realizado en el TX.

Demodular, Decodificar.

Otras funciones: Amplificar, Filtrar.

Transductor de salida. Debe tomar la señal del receptor y convertirla en una forma de energía adecuada para entregarla al destino.

Ejemplo: Auricular, altavoz.^[3]

1.3 UNIDADES Y MEDIDAS.

En telecomunicaciones se trabaja fundamentalmente con señales de las que se trata de establecer la medida de sus características fundamentales, estas se miden por: Amplitud, Frecuencia y Fase.

1.3.1 MEDIDA DE AMPLITUD.

Este tipo de medidas se miden por medio del decibel.

Decibel: El decibel es una relación matemática del tipo logarítmica empleada para expresar la razón o valor relativo de dos magnitudes de igual naturaleza, dos voltajes, corrientes o niveles de potencia.

Se utiliza en telecomunicaciones para expresar la ganancia o pérdida de una transmisión.

Belio: De símbolo B, sirve para expresar la relación de dos potencias mediante el logaritmo decimal de esta relación. Tal unidad, caída en desuso, apenas se utiliza. En la práctica, se emplea el decibelio, de símbolo dB, que es la décima parte del belio.

El belio es el logaritmo de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia, pero no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica.

El belio recibió este nombre en honor de Alexander Graham Bell, tradicionalmente considerado como inventor del teléfono.

Un (1) belio, la unidad original, equivale a 10 decibelios y representa un aumento de potencia de 10 veces (1 es el logaritmo decimal de 10) sobre la magnitud de referencia. Cero belios es el valor de la magnitud de referencia. (0 es el logaritmo de 1). Así, dos belios representan un aumento de cien veces (2 es el logaritmo decimal de 100) en la potencia. 3 belios equivalen a un aumento de mil veces (3 es el logaritmo decimal de 1.000), y así sucesivamente.

(dB): el decibelio permite expresar la relación entre dos magnitudes de campo, como una tensión, una corriente, una presión acústica, un campo eléctrico, una velocidad o una densidad de carga, cuyo cuadrado es proporcional a una potencia en los sistemas lineales.

El decibelio, símbolo dB, es una unidad logarítmica. Es 10 veces el logaritmo decimal de la relación entre la magnitud de interés y la de referencia

Para obtener el mismo valor numérico que con una relación de potencia, el logaritmo de la relación de las magnitudes de campo se multiplica por el factor 20, suponiendo que las impedancias sean iguales.

Los decibeles se pueden sumar y restar (versus multiplicar y dividir sus relaciones correspondientes), por lo tanto facilita los cálculos y soluciones gráficas.

El rendimiento de transmisión se especifica más comúnmente en unidades de dB.

Ejemplo comparación de voltajes:

Con 380 V de entrada y 300 V de salida cual es el rendimiento y la pérdida en dB?

Solución

$$\begin{array}{l} \text{Ventrada(1)}=380\text{V} \\ \text{Vsálida(2)} = 300\text{V} \end{array} \quad L(\text{dB}) = 20 \log \left(\frac{V1}{V2} \right) = 20 \log \frac{380}{300} = 20 \log 1,266 \\ = 2.048674 \text{ dB}$$

Rendimiento = ?

Perdida (dB) = ?

Las pérdidas serán de 2.048674 dB

1.3.2 MEDIDA DE VOLTAJE.

Dado un voltaje en V (voltios), basta con elevar al cuadrado tal cantidad (quedando expresada en potencia) obtener su logaritmo en base diez. Así la potencia queda expresada en Belles, para convertir a dB, se multiplica por diez, pues un Bell contiene 10 deciBeles.

Aprovechando la propiedad de logaritmicación en la cual el exponente de una cantidad dentro de un logaritmo puede pasar a multiplicar el mismo, la expresión queda.

$$P(dB) = 20 \log_{10} P$$

Ejemplo:

Con 220 V de entrada y 200 V de salida cual es el rendimiento y la pérdida en dB?

Solución

Ventrada(1)=220V
Vsalida(2)=200V
Rendimiento=?
Perdida (dB) =?

$$\begin{aligned} L(dB) &= 20 \log \left(\frac{V1}{V2} \right) = 20 \log \frac{220}{200} \\ &= 20 \log 1.1 = 0.82785 \text{ dB} \end{aligned}$$

Las pérdidas serán de 0,82785 dB

1.3.3 MEDIDA DE POTENCIA.

Dada una potencia en W, basta con obtener su logaritmo en base diez y la potencia queda expresada en Bells, para convertir a dB, se multiplica por diez, pues un Bell contiene 10 deciBeles. Quedando la fórmula:

$$P(dB - W) = 10 \log P$$

Ejemplo:

Expresar en dB 1000 W referidos a 1W

Solución

$$P = 1000 W$$

$$P(dB) = 10\log_{10}1000 = 10(3 \text{ Belles}) = 30dB - W$$

$$1000 W = 30dB - W$$

1.3.4 OTRAS MEDICIONES EN DB.

La potencia en telecomunicaciones puede ser exageradamente baja para ciertos instrumentos de medición, para tales casos se usa: dBm, dBm0, dBm0p.

El dBm.

Es la representación en dB de una potencia muy pequeña mW, es decir a potencias entre 0 y 1. Nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios.

Por ejemplo:

mW en decibeles referidos a 1mW será:

$$P(dB) = 10\log_{10}3 = 10(0,4771 \text{ Belles}) = 4,771 dB - m$$

El dBm0.

Es la representación en decibeles de una potencia muy pequeña referida a una potencia de nivel cero. El ruido es muy bajo en tales casos. Se trata de comparar dos señales una que entra, frente a otra que está en el medio y

que es tan baja que no la afecta, el nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios, referido a un punto de nivel relativo cero.

El dBm0p.

Es el nivel absoluto de potencia sofométrica (ponderado para telefonía) con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero.

Potencia Sofométrica.- Potencia disipada en una resistencia de 600 ohms por una fuente de fuerza.

dBm0s.

Nivel absoluto de potencia con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica

dBm0ps.

Nivel absoluto de potencia sofométrica (ponderado para una transmisión radiofónica) con relación a 1 milivatio, expresado en decibelios y referido a un punto de nivel relativo cero, para una transmisión radiofónica.

El dBr.

Es el llamado dB relativo que se usa para comparar un patrón de una señal en transmisión con las que se van a transmitir decibelios (relativos).

dBrs.

Nivel relativo de potencia expresado en decibelios y referido a otro punto para una transmisión radiofónica.

1.3.5 MEDIDA DE FRECUENCIA.

La frecuencia de una onda se define como el número de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundo). La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el Hertzio (Hz).

Las frecuencias más bajas se corresponden con lo que habitualmente llamamos sonidos "graves", son sonidos de vibraciones lentas. Las frecuencias más altas se corresponden con lo que llamamos "agudos" y son vibraciones muy rápidas.

La frecuencia es un aspecto que se relaciona con el concepto de ancho de banda de la señal y, por ende, de alguna forma con la denominada velocidad del canal.

La primera se da en Hertz (Hz), en el segundo caso se hace mención a muchas clases, para efectos de las unidades basta con afirmar que puede ser bit por segundo (bps), Baudio, etc.

1.3.6 MEDIDA DE PERÍODO.

Se representa con la letra T y es la duración en segundos para que se dé una oscilación de la señal.

Se identifica como el inverso de la frecuencia.

Son análogos con el tiempo de envío de un símbolo o una secuencia de símbolos, el tiempo de pulso, etc.

1.3.7 MEDIDA DE FASE.

La Fase tiene que ver con el atraso o adelanto de una señal, por ende se da en grados o en radianes. La figura 1.3.7.2 muestra el comportamiento de la medida de fase.^[4]

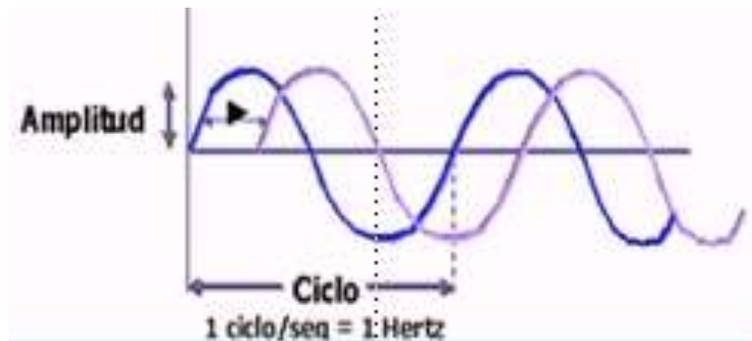


Figura 1.3.7.2 Medida de Fase.

1.4 LAS SEÑALES Y SUS CLASIFICACIONES.

¿Qué es una señal?

Función de una o más variables que transportan información acerca de la naturaleza de un fenómeno físico. Haykin, Van Veen.

Cualquier cantidad física que varía con el tiempo, espacio o cualquier otra variable o variables independientes. Proakis, Manolakis.

Describen una amplia variedad de fenómenos físicos.

La información de una señal está contenida en un patrón de variaciones que presenta alguna forma determinada.

Clasificación:

Por su continuidad en dominio y recorrido (se muestran en orden descendiente).

Continuas: Tienen continuidad en dominio y recorrido.

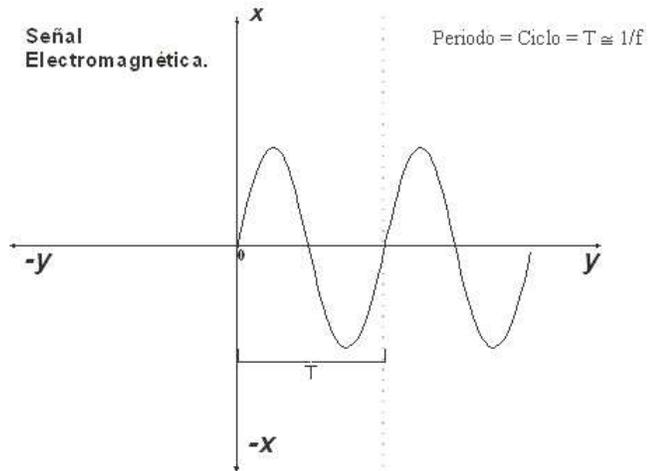


Figura 1.4.3 Señal continua.

Discretas: Tienen continuidad en recorrido pero en dominio son discretas.

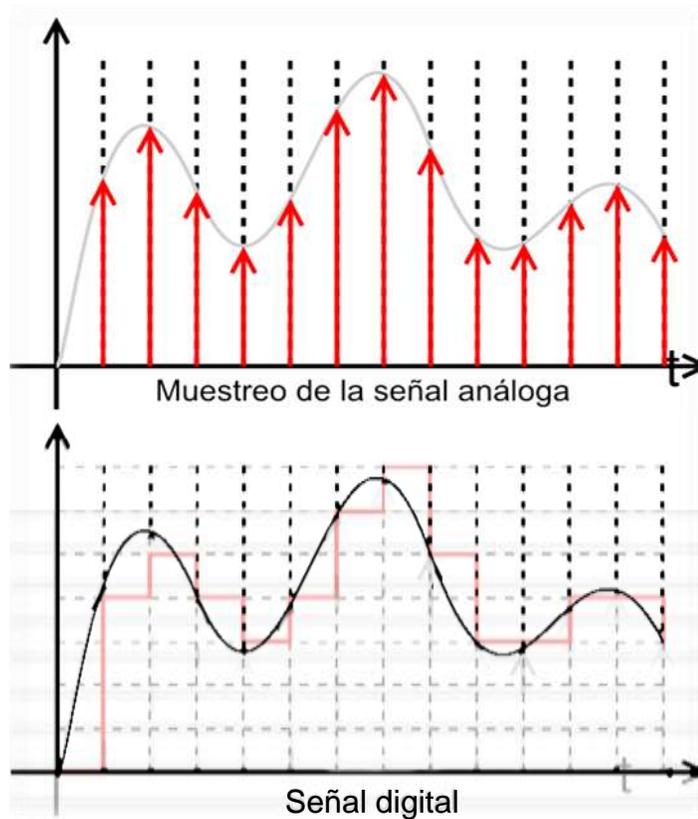


Figura 1.4.4 Ejemplo de Señal Discreta.

Digitales: Son discretas tanto en dominio como en recorrido.

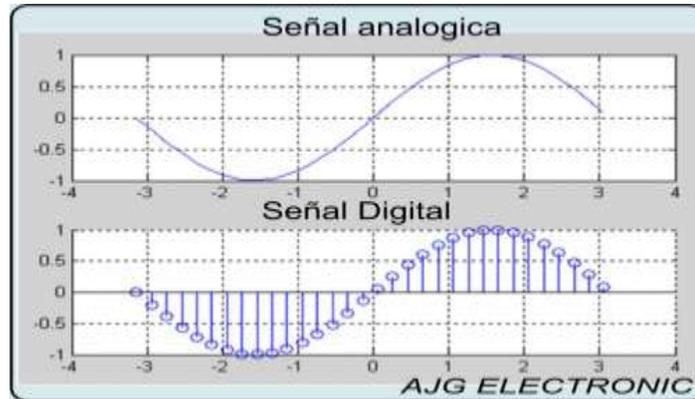


Figura 1.4.5 Señal analógica y señal digital.

Uno de los aspectos fundamentales del nivel físico es transmitir información en forma de señales electromagnéticas a través de un medio de transmisión. Tanto si se están recolectando estadísticas numéricas de otra computadora, como si se están enviando gráficos animados desde una estación de diseño o haciendo sonar un timbre en un centro de control distante, se está realizando transmisión de información a través de conexiones de red. La información puede ser voz, imagen, datos numéricos, caracteres o código, cualquier mensaje que sea legible y tenga significado para el usuario destino, tanto si es humano como si es una máquina. La información puede estar en forma de datos, voz, pintura.

Generalmente, la información que utiliza una persona o una aplicación no está en un formato que se pueda transmitir por la red. Por ejemplo, no se puede enrollar una fotografía, insertarla en un cable y transmitirla a través de la ciudad. Sin embargo, se puede transmitir una descripción codificada de la

fotografía. En lugar de enviar la fotografía real, se puede utilizar un codificador para crear un flujo de unos y ceros que le indique al dispositivo receptor cómo reconstruir la imagen de la fotografía.

Pero incluso los unos y los ceros no pueden ser enviados a través de los enlaces de una red. Deben ser convertidos posteriormente a un formato aceptable para el medio de transmisión. El medio de transmisión funciona conduciendo energía a través de un camino físico. Por tanto, el flujo de datos de unos y ceros debe ser convertido a energía en forma de señales electromagnéticas.

La información debe ser transformada en señales electromagnéticas para poder ser transmitida.

1.4.1 SEÑALES PERIÓDICAS Y APERIÓDICAS.

Tanto las señales analógicas como las digitales pueden ser de dos formas: periódicas y aperiódicas (no periódicas) la figura 1.4.1.6 muestra la comparación entre señales analógicas y digitales.

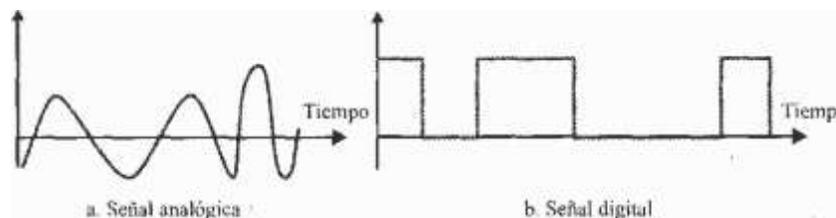


Figura 1.4.1.6. Comparación entre señales analógicas y digitales.

a) Señales periódicas.

Una señal es periódica si completa un patrón dentro de un marco de tiempo medible, denominado un periodo, y repite ese patrón en periodos idénticos

subsecuentes. Cuando se completa un patrón completo, se dice que se ha completado un ciclo. El periodo se define como la cantidad de tiempo (expresado en segundos) necesarios para completar un ciclo completo. La duración de un periodo, representado por T , puede ser diferente para cada señal, pero es constante para una determinada señal periódica. La Figura 1.4.1.7b muestra señales periódicas hipotéticas.

Una señal periódica está formada por un patrón que se repite continuamente. El periodo de una señal (T) se expresa en segundos.

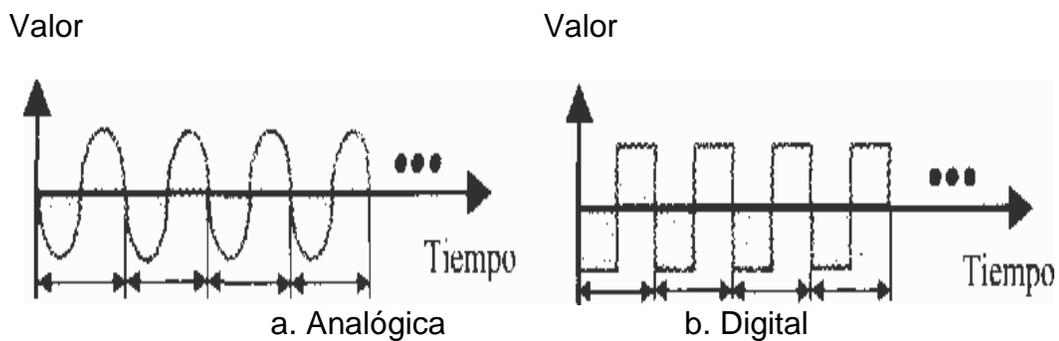


Figura 1.4.1.7. Ejemplos de señales periódicas.

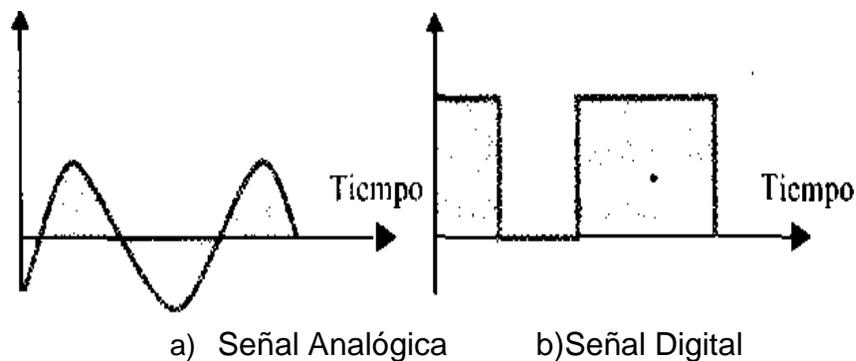


Figura 1.4.1.8. Ejemplos de señales aperiódicas.

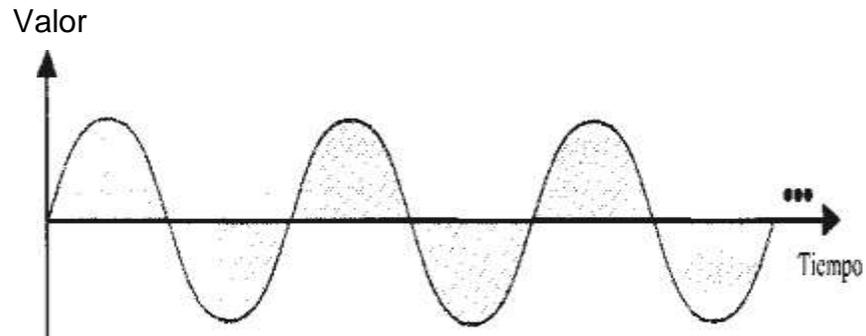


Figura 1.4.1.9 Una onda seno.

b) Señales aperiódicas.

Una señal aperiódica, o no periódica, cambia constantemente sin exhibir ningún patrón o ciclo que se repita en el tiempo. La Figura 1.4.1.8 muestra ejemplos de señales aperiódicas.

Una señal aperiódica, o no periódica, no tiene un patrón repetitivo.

Sin embargo, se ha demostrado mediante una técnica denominada transformada de Fourier, que cualquier señal aperiódica puede ser descompuesta en un número infinito de señales periódicas. Comprende las características que una señal periódica proporciona, además, conocimientos sobre las señales aperiódicas.

Una señal aperiódica puede ser descompuesta en un número infinito de señales periódicas.

Una onda seno es la señal periódica más sencilla.

1.4.2 SEÑALES DETERMINÍSTICAS Y ALEATORIAS.

Una señal determinística es una señal en la cual cada valor está fijo y puede ser determinado por una expresión matemática, regla o tabla. Los valores futuros de esta señal pueden ser calculados usando sus valores anteriores teniendo una confianza completa en los resultados.

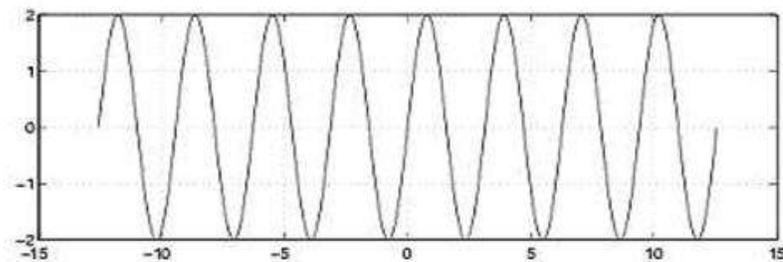


Figura 1.4.2.10 Señal Determinística.

Una señal aleatoria, tiene mucha fluctuación respecto a su comportamiento. Los valores futuros de una señal aleatoria no se pueden predecir con exactitud, solo se pueden basar en los promedios de conjuntos de señales con características similares, ya que esta no sigue reglas de correspondencia conocidas.

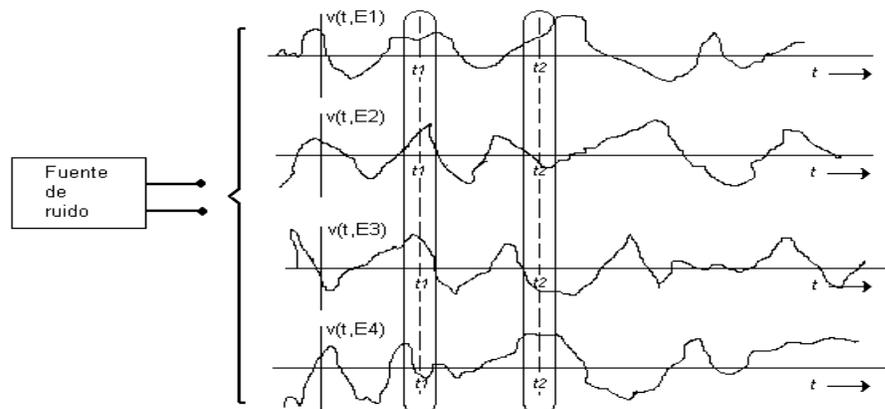


Figura 1.4.2.11 Señal Aleatoria.

1.4.3 SEÑALES DE ENERGÍA Y POTENCIA.

Energía: Su potencia promedio es finita y su energía tiende a ser ilimitada.

Potencia: Su potencia promedio es cero y su energía total es limitada.

Si la señal $x(t)$ representa el voltaje a través de una resistencia R , la

corriente que circula por la misma sería: $i(t) = x(t)/R$

La potencia instantánea de la señal sería: $R i^2(t) = x^2(t)/R$.

La energía disipada durante un intervalo de tiempo dt : $x^2(t)/R dt$.

En general, no sabemos si $x(t)$ es una señal de corriente o de voltaje, y con

el propósito de normalizar la potencia, tomamos un valor para R de 1 ohm,

con lo que la potencia asociada con la señal $x(t)$ es $x^2(t)$.

De acuerdo a esto podemos definir:

La Energía de la señal sobre un intervalo de tiempo de longitud $2L$.

La Energía Total de la señal en el rango t desde $-\infty$ hasta ∞ .

La Potencia Promedio.

Si una señal $x(t)$ tiene Energía Total (E) finita y mayor que cero, se clasifica

como una Señal de Energía. Estas señales tienen, además, una Potencia Promedio igual a cero.

Si la señal $x(t)$ tiene Potencia Promedio (P) finita y mayor que cero, se clasifica como una Señal de Potencia.

Las señales periódicas, que existen para todos los valores de t , tienen energía infinita, pero en muchos casos tienen una Potencia Promedio finita,

lo que las convierte en Señales de Potencia. Las señales limitadas en tiempo, es decir de duración finita, son Señales de Energía.

1.4.4 SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.

Para transmitir datos a través de un sistema de comunicación es necesario utilizar señales que los representen y se propaguen a través del canal de comunicación. Estas señales pueden clasificarse en:

a) Señal Analógica.

Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo (representando un dato de información) en función del tiempo. Algunas magnitudes físicas comúnmente portadoras de una señal de este tipo son eléctricas como la intensidad, la tensión y la potencia, pero también pueden ser hidráulicas como la presión, térmicas como la temperatura, mecánicas, etc. La magnitud también puede ser cualquier objeto medible como los beneficios o pérdidas de un negocio.

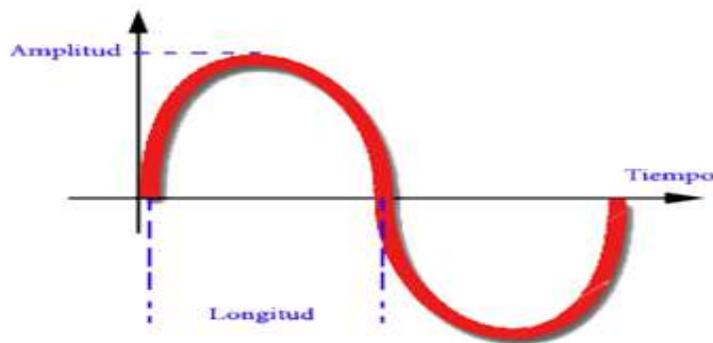


Figura 1.4.4.12 Forma de una Señal.

b) Señal digital.

Es un tipo de señal generada por algún tipo de fenómeno electromagnético en que cada signo que codifica el contenido de la misma puede ser analizado en término de algunas magnitudes que representan valores discretos, en lugar de valores dentro de un cierto rango. Por ejemplo, el interruptor de la luz sólo puede tomar dos valores o estados: abierto o cerrado, o la misma lámpara: encendida o apagada.

Estas señales, en teoría, solamente pueden tomar un número finito de valores diferentes y por lo general, solo pueden cambiar de valor en periodos predeterminados. Las señales digitales pueden ser señales eléctricas, rayos infrarrojos o rayos láser principalmente. ^[5]

La curva que representa la señal analógica es suave y continua, pasando a través de un número infinito de puntos. Sin embargo, las líneas verticales de la señal digital demuestran que hay un salto repentino entre un valor y otro de la señal; las regiones planas altas y bajas indican que estos valores son fijos. Otra forma de expresar la diferencia es que la señal analógica cambia continuamente con respecto al tiempo, mientras que la señal digital cambia instantáneamente.

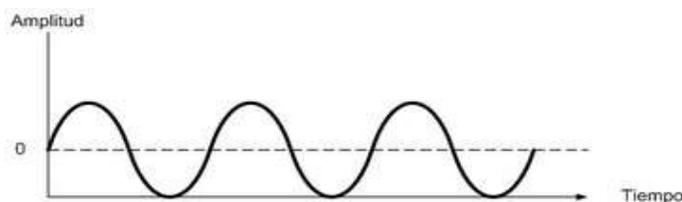


Figura 1.4.4.13 Señal Analógica. ^[6]

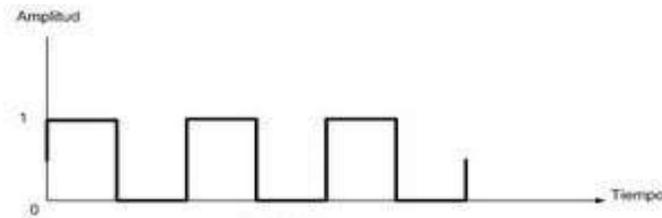


Figura 1.4.4.14 Señal Digital. ^[6]

1.5 EL ANÁLISIS DE FOURIER.

Existen cuatro representaciones distintas de Fourier, cada una aplicable a diferentes tipos de señales. Estas cuatro clases están definidas por las propiedades de periodicidad de una señal y si el tiempo es de tipo continuo o discreto. Las señales periódicas tienen representación en series de Fourier. La Serie de Fourier (**FS**) aplica a señales periódicas de tiempo continuo mientras que la Serie Discreta de Fourier (**DTFS**) aplica a señales periódicas de tiempo discreto. Las señales no periódicas tienen representación en forma de transformada. Si la señal es continua en el tiempo y no periódica, la representación es llamada Transformada de Fourier (**FT**). Si la señal es discreta en el tiempo y no periódica entonces la representación usada es la transformada de Fourier en tiempo discreto (**DTFT**). La siguiente tabla ilustra la relación entre las propiedades de tiempo de una señal y la representación de Fourier adecuada.

Tiempo	Periódicas	No periódicas
Continuas	Series de Fourier (FS)	Transformada de Fourier (FT)
Discretas	Series Discretas de Fourier (DTFS)	Transformada Discreta de Fourier (DTFT)

Tabla 1.5.3 Representación de Fourier

La siguiente tabla muestra las relaciones matemáticas utilizadas para calcular las representaciones de Fourier. [7]

Tiempo	Periódicas	No periódicas
Continuas	<p>Series de Fourier</p> $x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X[k]e^{-i\omega t}$ $X[k] = \frac{1}{T} \int_{(t)} x(t)e^{-i\omega t} dt$ <p>$x(t)$ has period T</p> $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$	<p>Transformada de Fourier</p> $x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega)e^{i\omega t} d\omega$ $X(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt$
Discretas	<p>Series discretas de Fourier</p> $x(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X(k)e^{-i\omega t}$ $X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=(N)} x(n)e^{-i\omega t}$ <p>$x(n)$ and $X(k)$ have period N</p> $\Omega_n = \frac{2\pi}{N}$	<p>Transformada discreta de Fourier</p> $x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(e^{i\omega t})e^{i\omega t} d\Omega$ $X(e^n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n)e^{-i\omega t}$ <p>$X(e^n)$ has period 2π</p>

Tabla 1.5.4 Fórmulas matemáticas de Fourier.

Una herramienta matemática para el estudio de señales y sistemas.

Una serie de Fourier es una serie infinita que converge puntualmente a una función continua y periódica. Las series de Fourier constituyen la herramienta matemática básica del análisis de Fourier empleado para analizar funciones periódicas a través de la descomposición de dicha función en una suma infinitesimal de funciones senoidales mucho más simples (como combinación de senos y cosenos con frecuencias enteras). El nombre se debe al matemático francés Jean-Baptiste Joseph Fourier que desarrolló la teoría cuando estudiaba la ecuación del calor.

Fue el primero que estudió tales series sistemáticamente, y publicando sus resultados iniciales en 1807 y 1811. Esta área de investigación se llama algunas veces Análisis armónico.

Es una aplicación usada en muchas ramas de la ingeniería, además de ser una herramienta sumamente útil en la teoría matemática abstracta. Áreas de aplicación incluyen análisis vibratorio, acústica, óptica, procesamiento de imágenes y señales, y compresión de datos. En ingeniería, para el caso de los sistemas de telecomunicaciones, y a través del uso de los componentes espectrales de frecuencia de una señal dada, se puede optimizar el diseño de un sistema para la señal portadora del mismo. Refiérase al uso de un analizador de espectros.

Las series de Fourier tienen la forma:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)]$$

Donde a_n y b_n se denominan coeficientes de Fourier de la serie de Fourier de la función $f(x)$.

Definición de la serie de Fourier.

Supongamos que $\{\Phi_n(x)\}$ es un conjunto infinito ortogonal de funciones en un intervalo $[a, b]$. Nos preguntamos: si $y=f(x)$ es una función definida en el intervalo $[a, b]$, ¿será posible determinar un conjunto de coeficientes $C_n, n=0, 1, 2, \dots$, para el cual:

$$f(x) = c_0 \Phi_0(x) + \dots + c_n \Phi_n(x) + \dots ?$$

Tabla de Propiedades de la transformada de Fourier.

Linealidad	$\mathbb{F}[\alpha f(t) + \beta g(t)] = \alpha F(\omega) + \beta G(\omega)$
Dualidad	$\mathbb{F}[f(t)] = F(\omega) \rightarrow \mathbb{F}[F(t)] = 2\pi f(-\omega)$
Cambio de escala	$\mathbb{F}[\alpha t] = \frac{1}{ \alpha } F\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)$
Transformada de la conjugada	$\mathbb{F}[f^*(t)] = F^*(-\omega)$
Traslación en el tiempo	$\mathbb{F}[f(t - t_0)] = e^{-j\omega t_0} F(\omega)$
Traslación en frecuencia	$\mathbb{F}[e^{-j\omega t_0} f(t)] = F(\omega - \omega_0)$
Derivación en el tiempo	$\mathbb{F}\left[\frac{\partial^n f(t)}{\partial t^n}\right] = (j\omega)^n F(\omega)$
Derivación en la frecuencia	$\mathbb{F}[(-jt)^n f(t)] = \frac{\partial^n F(\omega)}{\partial \omega^n}$
Transformada de la integral	$\mathbb{F}\left[\int_{-\infty}^t f(T) \partial T\right] = \frac{F(\omega)}{j\omega} + F(0)\delta(\omega)$
Transformada de la Convolución	$\mathbb{F}[f(t) * g(t)] = \mathbb{F}\left[\int_{-\infty}^{\infty} f(T)g(t - T) \partial T\right] = F(\omega)G(\omega)$
Teorema de Parseval	$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) ^2 \partial t = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) ^2 \partial \omega$

TABLA 1.5.5 Análisis Fourier.

La **Transformada Discreta de Fourier** (DTFS) es la única representación de Fourier que es de valor discreto tanto en el tiempo como en la frecuencia y de esta manera implícitamente conveniente para una implementación computacional en Matlab. Las expresiones utilizadas para esta

representación son fácilmente implementables en Matlab como archivos. Sin embargo los comandos *built-in* de Matlab **fft** y **ifft** pueden también ser utilizados para evaluar la DTFS. Dado un vector llamado x de longitud N representando un periodo de una señal periódica $x[n]$. El comando: `>> X=fft(x)/N` Produce un vector llamado X de longitud N que contiene los coeficientes de la DTFS. Matlab asume que el periodo evaluado en la señal es desde 0 hasta $N-1$, de manera que el primer elemento de x y X corresponden a $x[0]$ y $X[0]$ respectivamente, mientras que los últimos elementos corresponden a $x[N-1]$ y $X[N-1]$. Nótese que la división por N es completamente necesaria, debido a que el comando **fft** evalúa la siguiente expresión sin realizar la división por N .

Similarmente, dados los coeficientes de una DTFS en un vector llamado X el comando: `>>x=ifft(X)*N` Produce un vector x que representa un periodo de la señal en el tiempo. Nótese que el comando **ifft** debe estar multiplicado por N para evaluar la siguiente ecuación.

Los comandos **fft** e **ifft** son computados usando un algoritmo rápido o numéricamente eficiente, conocido como "Fast Fourier Transform". Considere el siguiente ejemplo:

Determinar los coeficientes DTFS para la siguiente señal:

La señal tiene un periodo de 24, de manera que tan solo se hace necesario definir un periodo y evaluar sobre este periodo la DTFS.

Los comandos usados para realizar dicho cálculo son:
`>> n = 0:23;`
`>> x = ones(1,24) + sin((n * pi / 12) + (3 * pi / 8));`
`>> X = fft(x)/24;`
Un uso común de la transformada de Fourier, es encontrar las componentes frecuenciales de una señal en el dominio del tiempo que está contaminada con ruido. Considérese dos señales senoidales que tienen frecuencias fundamentales de 50Hz y 120Hz, luego considérese estas señales contaminadas con ruido aleatorio. Los comandos para generar una señal con las especificaciones anteriormente mostradas son los siguientes:

```
>> t = 0:0.001:0.6;  
>> x = sin( 2 * pi * 50 * t ) + sin( 2 * pi * 120 * t );  
>> y = x + 2 * randn( size( t ) );  
>> plot( 1000 * t(1:50), y(1:50) )
```

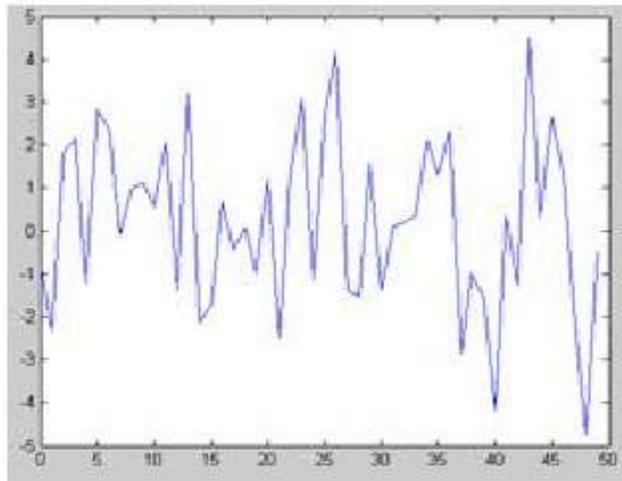


Figura 1.5.15 Gráfica de ejemplo Serie de Fourier.

Es de gran dificultad identificar las componentes de frecuencia mirando la señal original. Sin embargo al realizar la conversión de esta señal al dominio de la frecuencia, la identificación de estas componentes se hace más sencilla.

La conversión de la señal al dominio de la frecuencia se hace calculando la Transformada Rápida de Fourier, tomando para el cálculo los primeros 512 puntos de la señal. El espectro de potencia es una medida de la potencia a varias frecuencias, y este puede ser calculado con los siguientes comandos. $\gg P_{yy} = Y * \text{conj}(Y) / 512$. Para realizar la gráfica se puede tener en cuenta que la información que aparece en el arreglo P_{yy} es por propiedades de la transformada, simétrica con respecto a la frecuencia media, es decir que si tenemos 512 puntos de muestra, la señal que esta almacenada en el arreglo es simétrica con respecto a la muestra 256, por lo tanto dibujar las ultimas 256 muestras del arreglo será completamente innecesario. De manera que para visualizar el espectro de potencia los comandos deben ser como se muestran a continuación:

```
 $\gg f = 1000*(0:256)/512;$   
 $\gg \text{plot}(f,P_{yy}(1:257))$ 
```

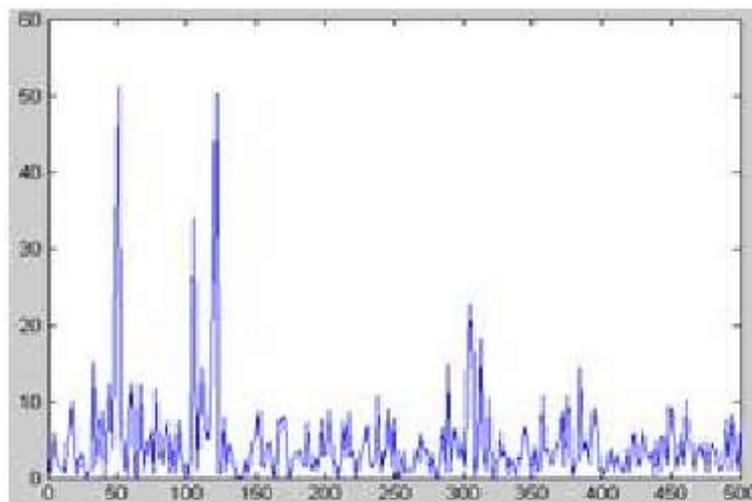


Figura 1.5.16 Gráfica para visualizar espectro de potencia.

Para ver todas las muestras y entender la característica de simetría descrita anteriormente se pueden utilizar los siguientes comandos:

```
>> f = 1000*(0:511)/512;  
>> plot(f, Pyy)
```

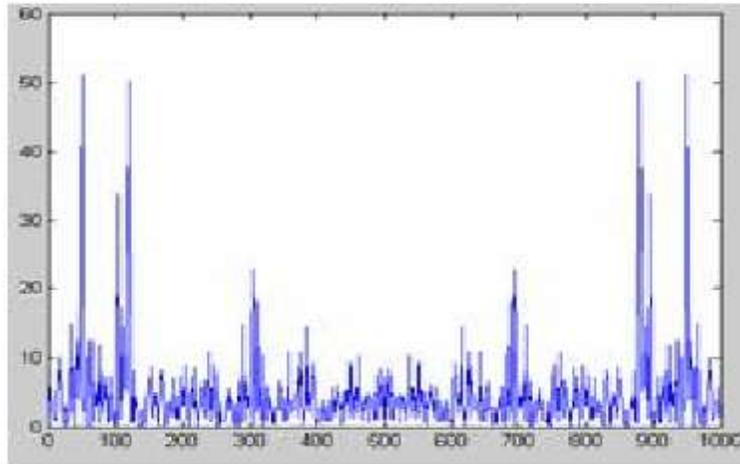


Figura 1.5.17 Gráfica con todas las muestras del ejemplo.

Del espectro de potencia se puede visualizar que las componentes con mayor frecuencia se encuentran a los 50 y 120 Hz respectivamente. Comprobando así que las señales de las cuales se formó la señal contaminada con ruido tienen estas frecuencias fundamentales. ^[8]

1.6 REPRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES EN EL DOMINIO DEL TIEMPO Y LA FRECUENCIA.

El dominio de la frecuencia es usado para describir el análisis de señales respecto a su frecuencia.

Un gráfico del dominio temporal muestra la evolución de una señal en el tiempo, mientras que un gráfico frecuencial muestra las componentes de la señal según la frecuencia en la que oscilan dentro de un rango determinado.

8. - http://primero.webege.com/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=66

Una representación frecuencial incluye también la información sobre el desplazamiento de fase que debe ser aplicado a cada frecuencia para poder recombinar las componentes frecuenciales y poder recuperar de nuevo la señal original.

El dominio de la frecuencia está relacionado con las series de Fourier, las cuales permiten descomponer una señal en un número finito o infinito de frecuencias.

El dominio del tiempo es utilizado para describir el análisis de señales respecto al tiempo. En el dominio temporal discreto el valor de la señal o la función se conoce únicamente en algunos puntos discretos del eje temporal. Sin embargo, en el dominio temporal continuo se conoce para todos los números reales.^[9]

RESUMEN DE UNIDAD

La información se debe transformar en señales electromagnéticas antes de enviarla a través de una red.

La información y las señales pueden ser analógicas (valores continuos) o digitales (valores discretos).

Una señal es periódica si está formada por un patrón que se repite continuamente.

Una señal periódica se puede descomponer en un conjunto de ondas seno.

Las señales se representan gráficamente en ondas seno.

Un gráfico del dominio temporal muestra la evolución de una señal en el tiempo, mientras que un gráfico frecuencial muestra las componentes de la señal según la frecuencia en la que oscilan dentro de un rango determinado.

El decibelio es la unidad relativa empleada en Acústica y Telecomunicación para expresar la relación entre dos magnitudes.

La Serie de Fourier (**FS**) aplica a señales periódicas de tiempo continuo mientras que la Serie Discreta de Fourier (**DTFS**) aplica a señales periódicas de tiempo discreto.

DTFS es la única representación de Fourier que es de valor discreto tanto en el tiempo como en la frecuencia y de esta manera implícitamente conveniente para una implementación computacional en MATLAB.

EJERCICIOS.

- 1.- ¿Cuáles son los tipos de Señales y forma de representarse?
- 2.- Describe brevemente la serie de Fourier.
- 3.- ¿Cuáles son los elementos de un Sistema de Comunicación?
- 4.- ¿Cuál es la importancia de las Telecomunicaciones en la vida moderna?
- 5.- ¿Cuál es la diferencia entre las señales Periódicas de las Aperiódicas?
- 6.- ¿Qué describe el análisis Fourier?
- 7.- Si la potencia de entrada es de 280 W y la de salida de 230 W cual es el valor de la pérdida de potencia.
- 8.- Realiza en Matlab la gráfica, para visualizar el comportamiento de una señal periódica.
- 9.- Visualiza en Matlab una señal aleatoria y cuál es su comportamiento.
- 10.- Realiza como practica la instalación y configuración de un modem.
- 11.- Efectúa ejercicios en Matlab sobre todos los tipos de Señales.
- 12.- Utiliza el multímetro para aprender a diferenciar los tipos de voltajes en telefonía y en corriente eléctrica.