



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

TELEFONIA DIGITAL

TRABAJO DE SEMINARIO

TELEFONIA DIGITAL Y REDES DIGITALES
DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

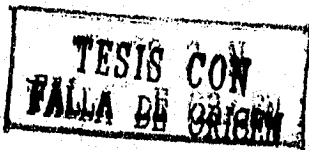
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA MECANICA ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
SERRANO FRAGOSO MARICELA

ASESOR: ING. JOSE LUIS RIVERA LOPEZ

COASESOR: ING. VICENTE MAGAÑA GONZALEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1996



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Telefonía Digital y Redes Digitales de Servicios Integrados
(RDSI). Telefonía Digital.

que presenta la pasante: Serrano Fragoso Maricela
con número de cuenta: 8333236-0 para obtener el Título de:
Ingeniera Mecánica Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 6 de Febrero de 19 96.

MODULO:
I y III
II y IV

PROFESOR:
Ing. José Luis Rivera López
Ing. Vicente Magaña González
Ing. Sergio Martín Durán Guerrero

FIRMA:
[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]

DEP/VOBOSEN

PROLOGO

El presente trabajo fue desarrollado en los primeros seminarios de Ingeniería que se imparten en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. El siguiente documento es una muestra del desarrollo del seminario de Telefonía Digital, y abarca antecedentes históricos de la Telefonía, así como la evolución a la Telefonía Digital y los principios básicos de la Transmisión Analógica y Digital.

Agradesco a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan y los Ing. Ramon Osorio Galicia. Coordinador de la carrera Ingeniería Mecánica Eléctrica así como también al Ing. Rafael Rodríguez Ceballos Jefe del Departamento de Exámenes Profesionales de la F.E.S.-C. Por haber puesto su mejor esfuerzo para que tales seminarios se llevaran a cabo y que de esta manera se promueva el número de titulados, en el área de ingeniería para alumnos que concluyan sus estudios, pero que por algún motivo no hayan podido realizar una tesis formal. Espero que estos seminarios permitan promover nuevos seminarios y sirva como una forma de titulación opcional.

Mis más sinceros agradecimientos al Ing. José Luis Rivera L. y al Ing. Vicente Magaña G. por compartir sus experiencias y haber cedido parte de su tiempo para el desarrollo de los temas del Seminario de Telefonía y Redes Digitales de Servicios Integrados.

INTRODUCCION

La comunicación es una parte integral en la vida de los individuos, es una actividad indispensable y en la cual todos estamos involucrados.

Las formas de comunicación han mejorado día con día, con la finalidad de lograr una comunicación más rápida y confiable.

El teléfono es considerado como uno de los inventos más importantes de la era de las comunicaciones. Con el teléfono la distancia es salvada en unos instantes a través de un sistema que no solo involucra el aparato telefónico en sí, sino una vasta red telefónica extendida a través de gran parte de nuestro territorio, que hace posible que cualquier teléfono conectado a esta red sea alcanzado para lograr una conversación

El uso cotidiano del teléfono parecía satisfacer por completo los requerimientos de comunicación del hombre; sin embargo, con el rápido desarrollo de la tecnología, aunado a la demanda de enlaces de datos en alta velocidad y gran capacidad (videotexto, facsímil, video conferencias y otros servicios), se buscaron nuevos medios que proporcionaran dichos servicios con eficiencia y rapidez.

Estos factores han intervenido para que la telefonía evolucione de un funcionamiento analógico a uno digital.

Tradicionalmente los elementos básicos de un sistema telefónico han sido la transmisión y conmutación analógicas. Sin embargo, la electrónica digital moderna ha proporcionado las técnicas necesarias para producir sistemas digitales de control y de conmutación con un costo menor comparable al de los sistemas analógicos.

El presente trabajo muestra un resumen general de los procesos que intervienen en una transferencia de información entre los usuarios de una red telefónica, describiendo paso a paso la técnica de conversión de una señal analógica a digital por medio de la Modulación de Pulsos Codificados (PCM), cuyo proceso se desarrolla en cada una de las centrales telefónicas que conforman una red de telefonía.

INDICE GENERAL

	<u>No. Pág.</u>
PROLOGO	i
INTRODUCCION	ii
INDICE	iv
CAPITULO I HISTORIA DE LA TELEFONIA	1
1.1 Evolución de la Telefonía	2
1.1.1 Telegrafo Morse	2
1.1.2 Telefono Bell	2
1.1.3 Microfono de Carbón	3
1.1.4 Primer Central Telefonica	3
1.1.5 Desarrollo	3
1.2 Evolución de la Telefonía en México	4
1.2.1 Primer Ensayo	4
1.2.2 Fundación de Telefonos de México	4
1.2.3 Expansión de Telefonos de México	5
1.2.4 Privatización de Telefonos de México	5
1.3 Principios Básicos de un circuito Telefonico	6
1.3.1 Sonido	6

No. Pág.

1.3.2	Circuito Básico Telefonico.	7
1.3.3	Transformador de Habla.	9

CAPITULO II PORTADORAS DE INFORMACION 11

2.1	Señal Analógica y Digital.	12
2.1.1	Ventajas y Desventajas	15
2.2	Modulación de Impulsos Codificados (Sistema PCM o MIC)	16
2.2.1	Muestreo.	17
2.2.2	Cuantización.	21
2.2.3	Codificación.	25
2.2.4	Decodificación	27
2.3	Codificación de Línea.	28
2.3.1	No Retornable a Cero (NRZ)	29
2.3.2	Inversión de Marcas Alternas (AMI)	29
2.3.3	Alta Densidad Bipolar Exceso 3 (HBD)	30

	<u>No. Pág.</u>
2.4 Multiplexación por División de Tiempo.	32
2.4.1 Estructura de la Trama de 32 Canales.	35
2.4.2 Estructura de la Trama de 24 Canales	36
2.4.3 Sistemas PCM de Alto Orden	37
APENDICE A	40
CONCLUSIONES	41
BIBLIOGRAFIA	42

CAPITULO I

CAPITULO I

HISTORIA Y DESARROLLO DE LA TELEFONIA

1.1 EVOLUCION DE LA TELEFONIA

1.1.1 TELEGRAFO MORSE

A partir del año 1800 investigadores de varios países estudiaban los fenómenos eléctricos y magnéticos; sin embargo, es hasta el 21 de julio de 1820 que el danés Hans Christian Ørsted descubre el electromagnetismo.

Aprovechando este descubrimiento se iniciaron los primeros intentos para emitir mensajes a larga distancia por medio de pulsos de corriente, siendo los telégrafos los primeros equipos.

En 1830 se logra una solución económica y técnicamente aceptable, siendo llamado el aparato como Telégrafo Morse, debido esto a la invención del alfabeto telegráfico por el americano Samuel P.B. Morse.

1.1.2 TELEFONO BELL

El 14 de febrero de 1876 el físico escocés Alexander Graham Bell inventa el teléfono que vino a revolucionar la comunicación de voz a distancia.

El 10. de Abril del mismo año, Lars Margnus Ericsson funda su propia fábrica de aparatos y material telefónico en Estocolmo, Suecia.

1.1.3 MICROFONO DE CARBON

En 1877 Thomas Alva Edison desarrolla el micrófono de carbón, cuya característica de fidelidad permite una buena transmisión.

1.1.4 PRIMER CENTRAL TELEFONICA

En 1878 entra en servicio la primera Central Telefónica en New Haven, U.S.A. con solo 31 abonados.

1.1.5 DESARROLLO:

1917.- El matemático danés Agner Krarup Erlang, crea la teoría: Tráfico Telefónico la cual abre una nueva época para el desarrollo y dimensionamiento de selectores y redes telefónicas.

1950.- Se crean las antenas para radio enlace de uso en telefonía y T.V.

1956.- Se construye el primer cable trasatlántico para telefonía.

1962.- Fue colocado en órbita el primer satélite llamado TELSTAR 1 para comunicaciones.

A partir de entonces la evolución ha sido rápida y constante, de acuerdo a información de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se fracciona en tres etapas:

(1844-1900) ETAPA CABLE
(1900-1980) ETAPA TRANSMISION INALAMBRICA
(1980-ACTUAL) ETAPA DE REDES DIGITALES INTEGRADAS
SERVICIO.

1.2 EVOLUCION DE LA TELEFONIA EN MEXICO

1.2.1 PRIMER ENSAYO

El 13 de marzo de 1878 se efectuó un ensayo formal del primer enlace telefónico a gran distancia entre la Ciudad de México y el poblado Tlalpan.

El 18 de julio de 1882 se funda la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A. En 1903 se inician en México las actividades de la Empresa Telefónica ERICSSON, S.A.

1.2.2 FUNDACION DE TELEFONOS DE MEXICO

En 1942 se establece la intercomunicación automática entre las empresas telefónicas ERICSSON, S.A. y la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A.

El 28 de diciembre de 1947 se fusionan ambas Empresas y nace
Teléfonos de México, S.A.

1.2.3 EXPANSION DE TELEFONOS DE MEXICO

En 1948 Teléfonos de México, S.A., adquiere las propiedades y derechos
de la Empresa Teléfonos ERICSSON, S.A.

En 1950 Teléfonos de México, S.A. adquiere las propiedades y derechos
de la Compañía Telefónica y Telegráfica Mexicana, S.A.

En 1972 el Gobierno Federal adquiere 51% de las acciones del capital
social de TELMEX, y de acuerdo a la Ley Orgánica en vigor pasa a formar
parte de la Participación Estatal Mayoritaria, quedando integrada al Sector
Comunicaciones.

1.2.4 PRIVATIZACION DE TELEFONOS DE MEXICO

El 9 de diciembre de 1990, el Grupo CARSO se asocia con la Empresa
FRANCE CABLE ET RADIO de Francia y a la SOUTH WESTERN BELL
adquiriendo el 20.4% del capital social que el Gobierno poseía en TELMEX
y el 20 de diciembre se realiza la entrega de las instalaciones. Ya para
septiembre de 1994 la Empresa contaba con 7'921,754 líneas y 48,742
empleados a nivel nacional

1.3 PRINCIPIOS BASICOS

1.3.1 SONIDO.

Es una oscilación mecánica que se propaga en un medio elástico, entendiéndose como medios elásticos el aire, los líquidos y los sólidos. El sonido no se trasmite en vacío.

Estos medios se deforman rítmicamente y de acuerdo al número de veces que se deforma o vibra en un segundo es a lo que se llama frecuencia, la cual se expresa en ciclos/segundo.

El ser humano es capaz de percibir frecuencias de 16 a 20,000 ciclos/segundo y es a lo que se llama sonido audible; cualquier frecuencia mayor a 20,000 c/s se le llama ultrasonido o super-audiofrecuencia y a la menor a 16 c/s se le denomina infrasonido o sub-audiofrecuencia, estas dos frecuencias (menor 16 c/s, mayor 20 c/s) no son percibidas por oído humano.

El ser humano es capaz de emitir una gama de frecuencias, por medio de la voz, de 100 a 10,000 Hz.

En telefonía no es posible utilizar todos los sonidos, puesto que no es costeable hacer aparatos que capten todos los sonidos. Por lo tanto, las

frecuencias que se deben transmitir son las que se encuentran entre 300 y 3,400 Hz.

COMUNICACION: La comunicación es la acción de transmitir una información de una persona a otra en ambos sentidos.

Una comunicación telefónica enlaza o une dos o más puntos por medio de la transmisión de la voz. Para esto se requiere de tres elementos básicos:

- El Emisor
- El Medio de transmisión
- El Receptor

1.3.2 CIRCUITO BASICO TELEFONICO

Dentro de los elementos de un teléfono básico se encuentra el:

EMISOR.- También denominado micrófono, que está compuesto por tres partes fundamentales: Membrana, Gránulos de Carbono y Cápsula.

FUNCIONAMIENTO: Un electrodo se apoya en la membrana y otro en la cápsula, cuando una persona habla se producen ondas sonoras que se propagan a la membrana del micrófono, entonces esta vibra al mismo compás, con lo que el electrodo de la membrana comprime los gránulos de

carbón en la cápsula que los contiene con diversas presiones, dejando pasar cierta corriente (pulsos) acordes a las presiones producidas por la voz.

Por lo anterior, se puede definir al emisor como el transductor del sonido en pulsos eléctricos.

MEDIO O LINEA DE TRANSMISION: Es aquel por donde se transportan los pulsos eléctricos, de un extremo a otro.

RECEPTOR O AURICULAR:

Esta compuesto por un imán permanente, un arroyamiento de bobina y una membrana.

FUNCIONAMIENTO: Al llegar la corriente o pulsos eléctricos al receptor, el electroimán produce una fuerza de atracción que repercute sobre la membrana. La fuerza de atracción varía de la misma forma que la corriente, y por lo tanto, también los desplazamientos de la membrana serán repetición, en cierto modo, de las variaciones de corriente.

Por lo anterior, se concluye que la misión del receptor telefónico es convertir unas determinadas variaciones de corriente eléctrica que recibe en sonidos.

Un circuito básico telefónico se compone de los tres elementos enunciados (Emisor, Línea de Transmisión y Receptor) conectados a una batería que los alimenta y los hace funcionar como se muestra en las Figura No. 1.1

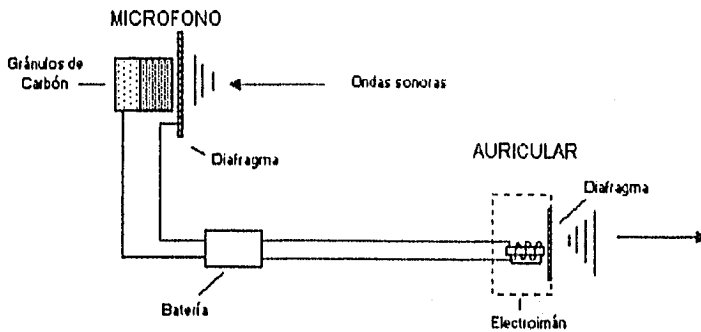


FIGURA No. 1.1 CIRCUITO BASICO DEL APARATO TELEFONICO

1.3.3 EL TRANSFORMADOR DE HABLA

Un tipo simple de enlace bidireccional se obtiene conectando en serie un micrófono (M) y un auricular (H) en cada abonado e interconectándolos con un enlace a dos hilos, como muestra la Figura No. 1.2. Una batería alimenta con corriente a los micrófonos de gránulos de carbón.

Esta solución de circuito se puede usar para sistemas telefónicos domésticos privados, pero en cuanto hay una mediana distancia entre los abonados surgen varios inconvenientes. Cuando el abonado A habla, oye también fuertemente su propia voz en el auricular, pero en cambio la voz del abonado B queda atenuada debido, entre otras cosas, a la influencia del

auricular y de la resistencia de línea en la corriente de alimentación del micrófono.

Las variaciones de la intensidad del sonido a que se ve expuesto el oído, son muy molestas. Introduciendo una conexión equilibrada, lo que llamamos conexión antilocal, se pueden reducir estos inconvenientes. En cuanto a los circuitos, esto se soluciona con un transformador de habla.

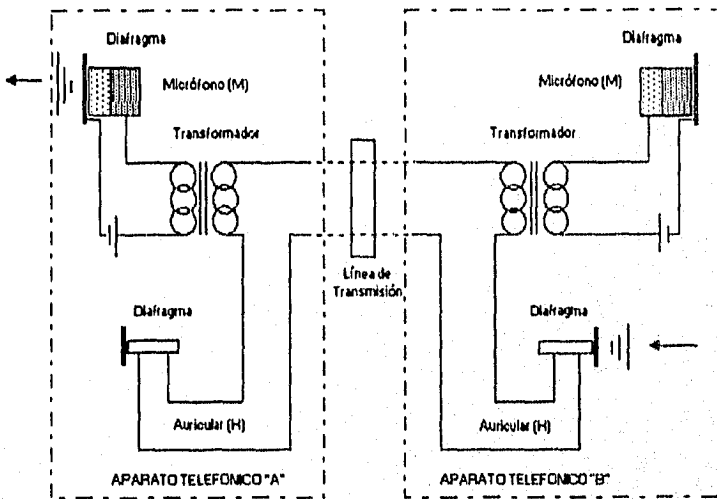


FIGURA No. 12. ENLACE BIDIRECCIONAL CON TRANSFORMADOR DE HABLA

CAPITULO II

CAPITULO II

TELEFONIA DIGITAL

2.1 SEÑAL ANALOGICA Y DIGITAL

Una señal analógica es aquella que puede tener un número infinito de valores. Fig. 2.1

Una señal digital es aquella donde puede tener valores discretos determinados (en el caso más simple dos). Fig. 2.2

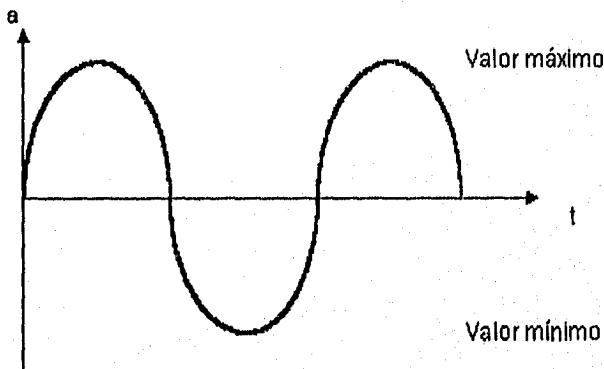


FIGURA No. 2.1. SEÑAL ANALOGICA

A pesar del hecho de que la palabra 'DIGITAL', fue introducida muy recientemente, esta clase de señales ya se ha estado usando desde hace algunos años, especialmente en el dominio de las Telecomunicaciones.

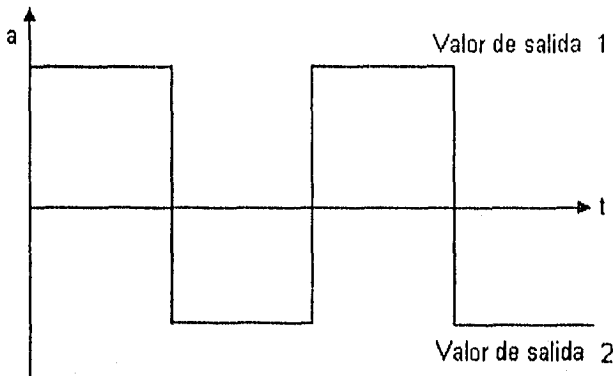


FIGURA No. 2.2. SEÑAL DIGITAL

Las señales digitales han sido usadas frecuentemente desde 1830. En ese tiempo Samuel Morse inventó un código especial para transmitir información. La base de este código es "SEÑAL" o "NO SEÑAL". Esto significa que la señal transmitida puede tener únicamente uno de los dos valores, la duración y frecuencia de ciertos valores contiene la información a transmitir.

Un código similar es usado en telegrafía. La secuencia de 5 pulsos ("CORRIENTE" o "NO CORRIENTE") determina los caracteres a transmitir.

De forma similar en telefonía se usan señales digitales, desde los inicios de la telefonía automática (Al inicio del siglo XX). Como ejemplo de esto tenemos que al marcar, en lado receptor (Central), los números pueden ser

detectados dependiendo de la secuencia y duración de los valores de las señales de entrada.

Las señales digitales están frecuentemente representadas por dígitos binarios, si la señal tiene únicamente dos estados entonces estos pueden ser representados por un dígito binario.

Si se requieren más niveles, se añaden más dígitos estos dígitos serán transmitidos en forma de serie. Cada dígito tiene un cierto peso de acuerdo a las sucesivas potencias de 2 en el sistema decimal.

Los Valores sucesivos son:

$$1(=2^0); 2(=2^1); 4(=2^2); 8(=2^3) \dots$$

Usando 8 bits, se puede representar una señal de 256 Niveles.

Ejemplo: Una señal con nivel "57" será representado como sigue:

$$\begin{aligned} 57 &= 32 + 16 + 8 + 1 \\ &= 1*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^0 \end{aligned}$$

En una configuración de 8 bits

$$0*2^7 + 0*2^6 + 1*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0$$

$$\text{ó} = 00111001$$

2.1.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Debido al reciente desarrollo de la tecnología digital, la transmisión digital ahora llega a ser usada más frecuentemente.

Si observamos en la fig. 2.3, se vera claramente por que la Transmisión digital es preferible a la Transmisión analógica.

Cuando un ruido se suma a la señal analógica es difícil de regenerar la señal original. Esto es diferente para el caso de señales digitales.

Como una señal digital, especialmente una señal digital de dos estados, tiene un número finito de niveles, podemos fácilmente regenerar la señal original sin pérdida de información, esto se realiza por medio de amplificadores regeneradores, eliminándole, casi totalmente las interferencias causadas por el Ruido, Diafonía (Cruce de voz) y Distorsión.

Los problemas con la transmisión analógica se incrementan con la longitud de la línea. Como también los niveles de ruido se incrementan continuamente en proporción a la longitud de las líneas.

La calidad de la transmisión digital es casi independiente, de la longitud de las líneas, así que esto es posible para regenerar la señal enviada completamente sin ruido. De lo cual deducimos que las señales digitales sufren, durante el proceso de transmisión, las mismas anomalías que una

señal analógica, pero es más fácil la recuperación de la señal original, no así para la señal Analógica.

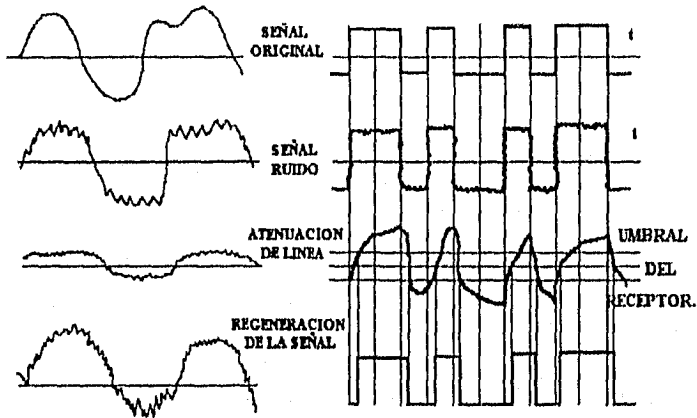


FIGURA No. 2.3 VENTAJAS DE LA TRANSMISION DIGITAL.

2.2 SISTEMA PCM o MIC

En 1937, Alec Reeves, propuso la idea de usar PCM (Modulación por Pulsos Codificados), para la transmisión de habla por medio de señales digitales. Para entonces ya había elaborado, en teoría, los principios fundamentales del muestreo y de la multiplexión por división de tiempo, pero no fue utilizado hasta los 60's con la invención del transistor y los circuitos integrados.

En esta sección se describe, a grandes rasgos el modo de operación del sistema PCM. Es un método de modulación mediante el cual la señal fuente

analógica se convierte a forma digital. El método se caracteriza por tres procesos básicos:

- Muestreo.
- Cuantificación
- Codificación.

Los dos últimos forman el concepto "Conversión Analógica / Digital" (Conversión A / D). Un cuarto punto resulta natural, ya que una vez codificada y transmitida la señal se requiere ahora de Decodificarla. Pero basta saber que la Decodificación es el proceso inverso a la Codificación.

2.2.1 MUESTREO

Es el proceso de toma instantánea de valores de una señal analógica a intervalos periódicos de tiempo. fig. 2.4.

En los Sistemas de Transmisión de audio, una frecuencia de audio es transportada en forma continua a lo largo de una portadora. Sin embargo la pregunta fue, si esto es realmente necesario para transmitir una señal completa o si la transmisión del valor de la señal en intervalos regulares podría ser suficiente.

Los científicos Nyquist y Shannon, examinaron el problema y probaron que muestras tomadas en intervalos regulares pueden ser usadas para transmitir una señal de audio. La ventaja de enviar información con pulsos

cortos, es que los tiempos entre dos pulsos sucesivos puede ser usado para enviar información hacia otras señales por el mismo canal de transmisión.

La señal muestreada ofrece una descripción clara de la señal fuente, a condición de que la frecuencia de muestreo sea lo bastante alta, esto se demuestra mediante el teorema de muestreo, que constituye la base teórica más importante para PCM.

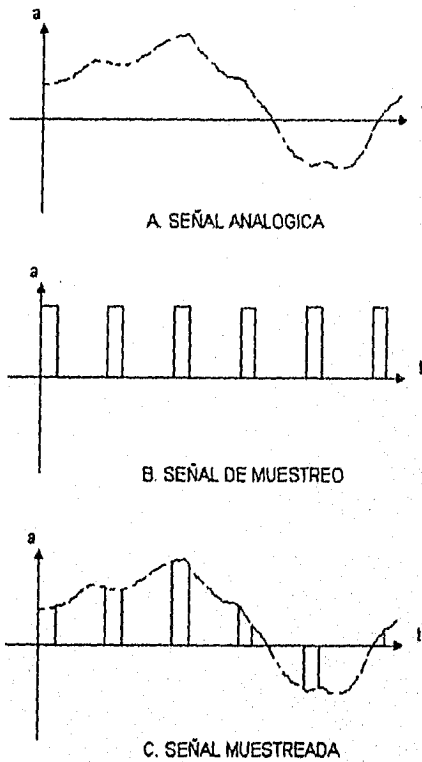


FIGURA No. 2.4 SEÑALES DE ENTRADA DEL CIRCUITO DE MUESTREO

El teorema de muestreo dice lo siguiente. Si se divide el intervalo de tiempo de una señal limitada en banda en partes iguales para formar subintervalos tales que cada uno tenga una duración de T segundos donde T sea menor que $1/2f_s$ y si se toma una muestra instantánea de cada subintervalo, entonces el conocimiento de la magnitud instantánea de cada muestra y de los instantes en que se toma la muestra de cada subintervalo nos da toda la información de la señal original.

Es decir una señal muestreada contiene información completa e inequívoca sobre la señal fuente, a condición de que la frecuencia de muestreo f_s , sea el doble de la frecuencia más alta de la señal fuente.

Consideremos ahora la banda de frecuencia completa desde 300 Hz hasta 3400 Hz (Debido al hecho de que la señal de voz está limitada a este rango). Será posible entonces ver el principal problema de ocurrencia de "aliasing" (Traslape) y la solución de este. Fig 2.5

De la fig. 2.5b y 2.5c se puede observar el criterio de muestreo y el límite de no traslape para la frecuencia de muestreo f_s puede ser encontrado de:

$$f_s \geq 2f_{\text{máx}}$$

Donde: f_s = Frecuencia de Muestreo

$f_{\text{máx}}$ = Frecuencia Máxima

si $f_s < f_{\text{máx}}$, una buena reconstrucción de la señal será imposible.

Para obtener un cierto margen de seguridad, la frecuencia de muestreo para aplicaciones telefónicas ha sido estandarizada a $f_s = 8\text{KHz}$, dando un intervalo de 125×10^{-6} seg. entre muestras sucesivas.

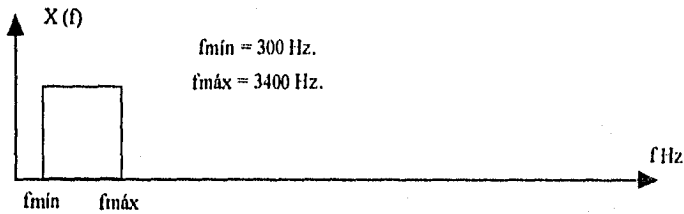


Fig. 2.5a. Señal de banda de voz: Original para ser Muestreada.

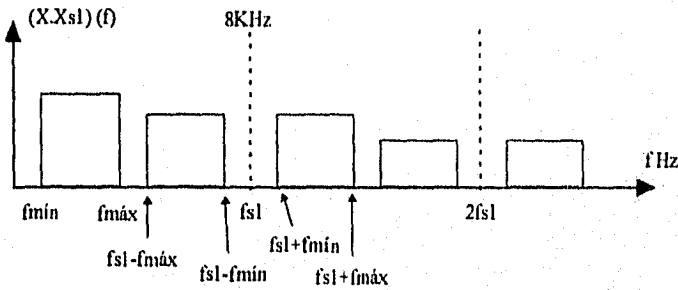


Fig. 2.5b. Banda de voz muestreada con frecuencia f_{s1} . No ocurre el "Traslape"(aliasing)

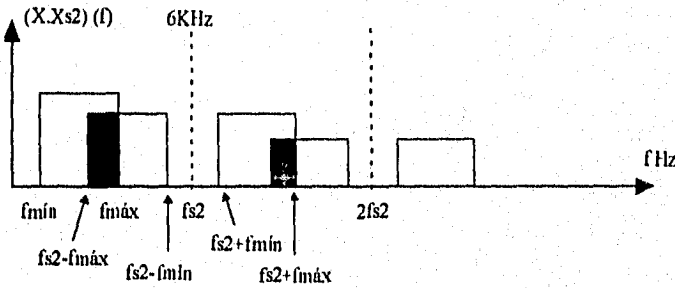
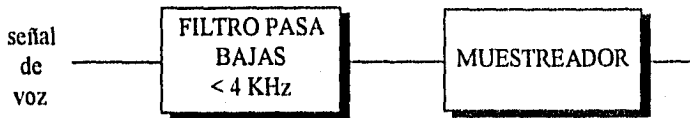


Fig. 2.5c. Banda de voz muestreada con frecuencia $f_{s2} \ll f_{s1}$ ocurrencia de Traslape'(aliasing)

Antes de muestrear, se deberá estar seguro de que la señal analógica no tenga componentes de frecuencias mayores que 4Khz. Esto puede ser realizado insertando un filtro pasa bajas antes de muestrear .



2.2.2 CUANTIFICACION.

La cuantificación esta representando la amplitud de una muestra por la amplitud del nivel discreto más cercano. Para poder usar la transmisión digital, cada valor de la muestra tendrá que ser representado por un código. Dado que el número del código es limitado, los valores de la amplitud serán redondeados a valor más cercano, el cual puede representarse por un código. La cuantificación representa la amplitud de una muestra ajustada a un subrango más cercano.

Hay dos métodos principales para cuantificar una señal: Cuantificación Lineal y Cuantificación No Lineal

LINEAL: Al procedimiento de aproximación se denomina cuantificación y significa que la gama de amplitud se divide en un número de subintervalos denominados intervalos de cuantificación. Si

estos intervalos tienen la misma longitud el proceso se define como cuantificación lineal.

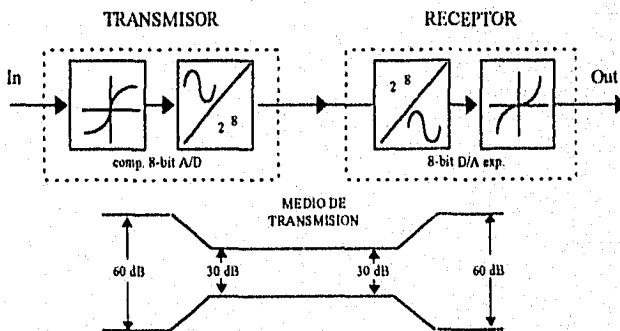
El rango total de valores de voltaje que pueden ser manejados es subdividido en un número de subrangos de voltaje iguales. Cada subrango corresponde a una combinación de código. En ese momento la codificación de cualquier voltaje situado entre los límites más bajos y los más altos de un subrango, es codificado con el mismo código. En el momento de decodificar, un código es representado por un voltaje correspondiente a la mitad del subrango (Nivel de cuantificación), Por lo que se agregue cierta cantidad de ruido a la señal original (Ruido de cuantificación).

Este ruido tiene un cierto nivel dependiendo de los subrangos, como resultado de esto se tiene el mismo ruido insertado tanto para pequeñas como para valores altos de entrada .

NO LINEAL: Ahora la cuantificación no Lineal significa que se usan intervalos de cuantificación de tamaño variado, el rango total de voltaje se subdivide en subrangos en forma logarítmica. Es decir, que el nivel ruido para una muestra pequeña será pequeña y para una muestra de nivel alto será grande. La

razón por la que se considera útil la cuantificación no lineal es que hace posible afectar a la señal de ruido.

En el sistema PCM la cuantificación no lineal se emplea para formar la relación señal / distorsión como una función del nivel de entrada de forma que se mejore la transmisión de habla. este proceso a menudo se denomina compansión (compresión y expansión). Por medio de una ley aproximadamente logarítmica que gobierna el aumento en el tamaño del intervalo de cuantificación, El CCITT* a recomendado dos leyes que son conocidas comúnmente como la Ley A y Ley μ . La palabra compansión (Compandor) se deriva de las dos palabras que describe su funcionamiento. y es justamente lo que hace, comprime la señal en un extremo del circuito y la expande en el otro.



El compresor comprime la intensidad de rango de la señal de habla, a la entrada de un canal de comunicación para impartir mayor ganancia a las señales débiles que a las señales fuertes, y a la salida del canal el expansor hace la función inversa, restaurando la intensidad de la señal original a su rango dinámico, las ventajas del COMPANDOR son:

- Previene que la señal se esparza en proporción con las etapas que generan ruido.
- Limita el poder del rango dinámico de la señal de voz, reduciendo las oportunidades de carga excesiva del sistema portador.
- Reduce la posibilidad de cruce de llamadas.

Un problema básico en telefonía estriba en el rango dinámico de los niveles de llamadas. Esta intensidad de rango puede variar de 70 dB para las señales débiles como para las señales ruidosas, el compandor trae este rango a proporciones más manejables.

* La definición de normas internacionales para sistemas compatibles respecto a la representación y transmisión de señales, es un factor decisivo para el triunfo de las redes de comunicaciones digitales. Las especificaciones normalizadas proporcionan mercados de dimensiones suficientes. El organismo de normalización más importante en el área de comunicaciones es el CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et téléphonique), que es un departamento de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT), con su sede establecida en Ginebra. La UIT es asimismo una agencia especial (special agency) de la Organización de las Naciones Unidas. El CCITT ha elaborado en 15 comisiones de estudio, las denominadas <<recomendaciones>>, que por su resultado, la mayoría de las veces son normas de técnicas. Las recomendaciones del CCITT contienen las particularidades de la modulación por impulsos codificados y la formación de los multiplexados, así como muchas otras especificaciones de importancia para la compatibilidad internacional.

Un parámetro importante de un compandor es la razón de la compresión y expansión, y este es el grado de energía de cualquier conversación. La proporción de compresión siempre es más grande que 1, mientras que para la expansión siempre es menor que 1. La proporción más común de la compresión es 2:1. y la proporción correspondiente a la expansión es de $\frac{1}{2}$.

2.2.3 CODIFICACION.

Generación de señales de carácter, destinadas a representar muestras cuantificadas en forma discreta, esto es, después de ser cuantizada la muestra de entrada está limitada a 256 valores discretos. La mitad de esta son muestras codificadas positivas y la otra mitad negativas, por lo que es necesario manejar 8 Bits para codificar todos los niveles. Cada combinación de 8 bits corresponde a un nivel. Para hacer la selección del código que corresponde a cada nivel se utilizan el código natural y el simétrico.

CODIGO NATURAL: En este código el nivel de señal más bajo (valor más negativo) corresponde al código con el peso menor 00000000 y al nivel más alto (valor más positivo) el código con peso más alto (11111111).

CODIGO SIMETRICO: En este código los 8 Bits están divididos en dos partes 1 Bit de signo y 7 de magnitud. El primer Bit (de signo) corresponde al signo de la señal.

Cuando el Bit de signo es 1 se tiene un valor positivo.

Cuando el Bit de signo es 0 se tiene un valor negativo.

Normalmente es este código el más usado.

El siguiente cuadro muestra un comparativo del código natural y simétrico.

VALOR CUANTIZADO	CODIGO NATURAL	CODIGO SIMETRICO
VALOR MAS POSITIVO	11111111	11111111
	10000000	10000000
CERO	01111111	00000000
VALOR MAS NEGATIVO	00000000	01111111

COMPARACION DEL CODIGO NATURAL Y SIMETRICO

El gráfico representativo de la cuantificación y codificación se observa en la Fig. No. 2.6. Es en la codificación donde se genera la cadena de Bits a transmitir.

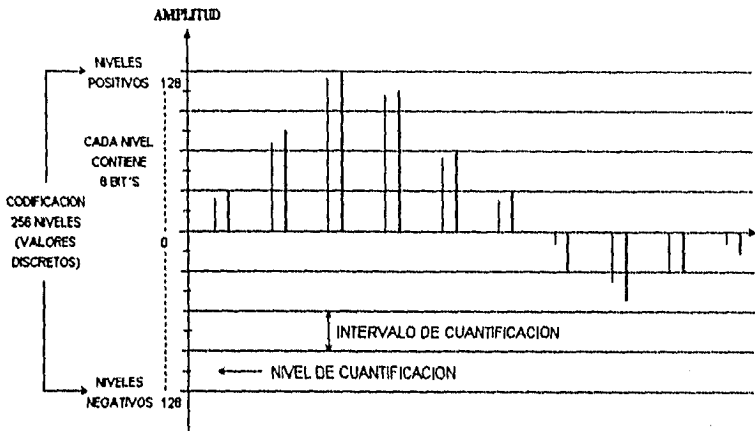


FIGURA No. 2.6 CUANTIFICACION Y CODIFICACION

2.2.4 DECODIFICACION

En la recepci3n, la cadena de Bits entrantes es transformada en una serie de muestras, como la que se tiene despu3s de la cuantificaci3n de la se1al en el lado transmisor. A este proceso se le llama decodificaci3n.

Estas series de muestras ser3n transformadas en una se1al anal3gica, por el filtro pasa bajas de m3xima 4 KHz.(integraci3n) retirando el efecto de cuantificaci3n y obteniendo la se1al original. Fig 2.7.

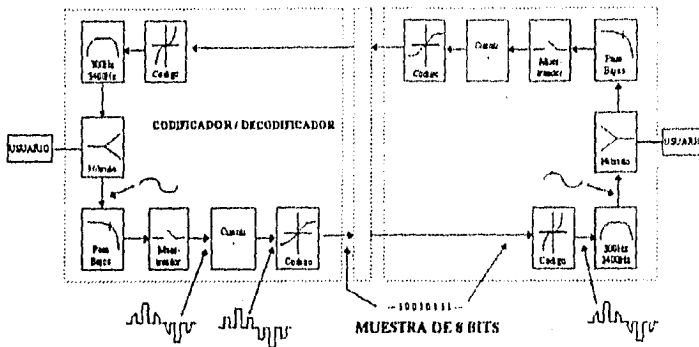


FIGURA No. 27 ETAPAS DEL PCM.

2.3 CODIFICACION DE LINEA

Códigos de línea es la transmisión de una señal de un lugar a otro y la verificación de que llegue bien la señal a su destino. Para transmisiones de señales digitales, se desarrollaron los códigos de línea.

Los requisitos más importantes para la transmisión de señales son los siguientes:

- Que no haya tensión o corriente continua y que las componente de baja frecuencia sean lo menor posible.
- Mantener el espectro de la señal en las frecuencias más bajas posibles, para que la atenuación del canal sea pequeña.
- Que haya posibilidad de transmitir secuencias de bits discretionales (Por ejemplo secuencias prolongadas de ceros) es decir, que exista lo

que se llama independencia de la secuencia de bits o transparencia de bits.

Las señales PCM se generan en los equipos la mayoría de las veces como señales de salida que provienen de circuitos integrados de las familias (TTL, CMOS, ETC.); presentándose ,por lo tanto como señales binarias, ya que dichas señales no cumplen con los requerimientos antes mencionado se han implantado o introducido los siguientes códigos de línea:

2.3.1 NO RETORNABLE A CERO (NRZ)

En este código de línea un '0' es por una tensión negativa y un 1 es una tensión positiva, pero sus desventajas son:

- Componentes de CD Largos.
- El Bit de reloj no está presente en la cadena de datos.

Este código normalmente será usado para cortas distancias de transmisión. en un medio ambiente con un sistema de distribución de reloj separado.

2.3.2 INVERSION DE MARCAS ALTERNAS (AMI)

Ya que el código NRZ no es conveniente para la transmisión a larga distancia por su alta componente de CD. Se ha desarrollado el código AMI

para uso de transmisión de larga distancia. El propósito de este código es de reducir el continuo nivel de CD en la línea a 0V.

En este código un '0' será representado por 0 volts. un 1 por un potencial alternado positivo o negativo. Al invertir la dirección de marcas consecutivas, el promedio de componente CD en la línea cae a 0 volts. Como resultado, este código es conveniente para la transmisión a larga distancia. Uno de los problemas no resuelto en este código, es que no transmite el sistema de reloj.

El receptor debe reconocer y seleccionar la razón de reloj de entrada explorando por transiciones en la cadena de bits de entrada. Si se tiene una serie de bits que son iguales a "0", el receptor ya no puede reconocer la razón del reloj, por que se tiene un continuo nivel CD (0V) en la línea. Para resolver este problema se desarrollo otro código llamado Alta Densidad Bipolar Exceso 3 (HDB3).

2.3.3 HDB3: ALTA DENSIDAD BIPOLAR EXCESO 3

En este código se insertan pulsos llamados de violación cuando existen más de 3 '0's', sucesivos el lado transmisor inserta los pulsos, los cuales pueden ser detectados por el receptor. El lado receptor eliminara estos pulsos de nuevo. Los pulsos de violación son insertados dependiendo del número de

pulsos que han pasado y dependiendo del signo del último pulso (después de inserción), el número de pulsos que han pasado pueden ser par o impar. El signo del último pulso puede ser positivo o negativo. los pulsos ha insertarse son:

		NUMERO DE PULSOS	
		IMPAR	PAR
ULTIMO PULSO	POSITIVO	- - - P	N - - P
	NEGATIVO	- - - N	P - - P

Cuando el número de pulsos que han pasado es impar, entonces únicamente el cuarto bit se cambiará a un pulso positivo o negativo. Este pulso es en la misma dirección que el anterior pulso, esto es necesario ya que de otro modo el receptor no puede detectar este pulso con un pulso de violación. Este principio no puede ser usado cuando ha pasado un número par de pulsos, ya que de otra forma, cuando tenemos una serie muy larga de ceros se insertarían siempre pulsos en la misma dirección. Esto es peligroso ya que podría generarse una componente de CD Por esta razón se insertara dos pulsos de violación. uno en la primera posición de estos cuatro ceros y el otro en la última posición, ambas son en la misma dirección, pero opuestas al último pulso, si ahora se tiene una larga serie de ceros se tendrá alternativamente dos pulsos positivos y dos negativos.

Estas tres diferentes (a, b, c) Códigos de Línea se muestran gráficamente en la Fig. No. 2.8.

Un sistema de Multiplexión por División de Tiempo (TDM), es un sistema de transmisión en el cual un número de comunicaciones están multiplexadas en una señal TDM por cada comunicación esta un espacio específico de tiempo. En el espacio de tiempo asignado, se transmite el valor "momentáneo" (Fotografía) de la señal. Para usar un sistema TDM cada señal analógica debe prepararse, convirtiendo la señal continúa en muestras, generadas a intervalos regulares. Por lo que se usara un modulador para generar las muestras.

En el lado de recepción la señal TDM, la cadena de bits debe ser demultiplexada.

Esto será realizado por:

- Análisis del alineamiento: El canal "0" de la cadena de bits contiene un patrón específico de bits (Sincronización del reloj) en el lado receptor.
- Colocar las diferentes muestras de 8 bits de los canales en registros buffers individuales
- Convertir las muestras de 8 bits en las señales analógicas originales.
- Un demodulador será usado para generar estas señales analógicas.

En el caso de las señales PCM, la multiplexión por división de tiempo se efectúa más a menudo antes de que las muestras sean codificadas por pulsos,

es decir, las muestras de las señales analógicas participantes se combinan en una línea de transmisión con (Modulación por Amplitud de Pulsos) PAM común. Véase la figura (2.9)

De este modo, el equipo de decodificación puede usarse en Multiplexión por División de Tiempo. Vemos en la figura que los pulsos PCM no son entrelazados pulso por pulso, sino palabra PCM por palabra PCM. Esto a menudo se denomina entrelazado de intervalos de tiempo.

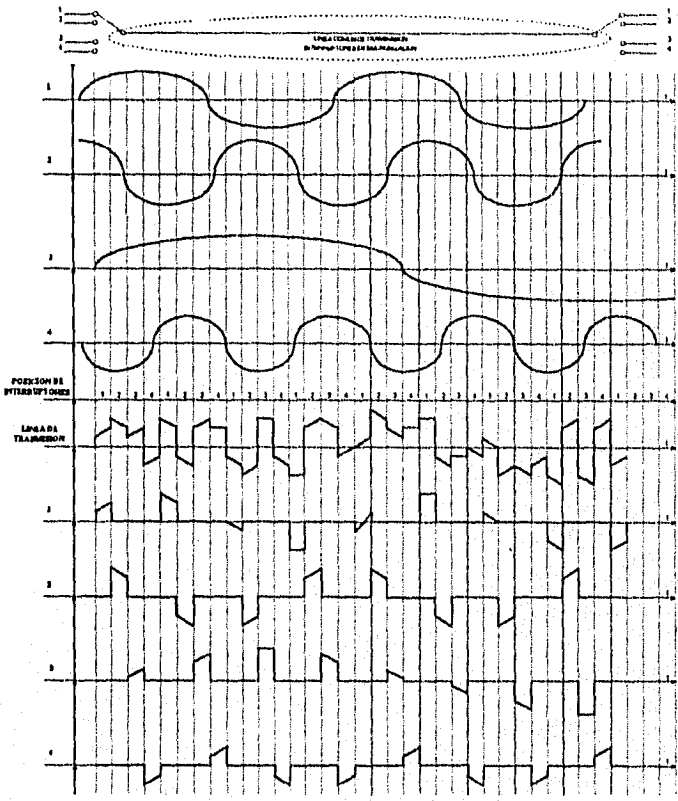


FIGURA No. 2.9 CUATRO SEÑALES PAM MULTIPLEXADAS EN EL TIEMPO.

2.4.1 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE 32 CANALES

Usando un sistema de Multiplexión por división de tiempo (TDM), un número de comunicaciones puede ser combinado en una portadora. Cada comunicación esta representada por una serie de muestras, cada una de las cuales se representa en la forma de un código digital. En Europa ha sido estandarizado y aceptado por la CCITT un sistema TDM de 32 canales. Cada canal tiene 8 bits. Esta estructura es llamada trama (Frame) y significa que se pueden enviar 8 bits en cada trama. Como una señal de abonado es muestreada cada 125μ seg. ($f_s=8000$ Hz.), un abonado debe ser capaz de enviar 8 bits cada 125μ seg. y la duración de un canal es de:

$$125\mu \text{ seg.} / 32 = 3,906\mu \text{ seg.}$$

La velocidad de transmisión (bit rate) de la cadena del PCM es de 256 bits en 125μ seg. lo cual corresponde a 2.048 Mbits / seg.

En la estructura de la trama, la asignación de los canales es de la siguiente manera (Ver Fig. No. 2.10):

- Canal 0: Sincronización de la Trama (Alineación)
- Canal 16: Señalización
- Canales 1-15 y 17-31: Para señales de Voz y Datos

De un total de 32 canales, únicamente 30 pueden ser usados para señales de voz. Esta es la razón por la que esta estructura es algunas veces llamada estructura de la Trama de 30 canales, cada canal usado para señales de voz

contiene 8 bits, de los cuales, el primero es usado como bit de signo y los otros siete son bit de magnitud, codificados en forma simétrica .

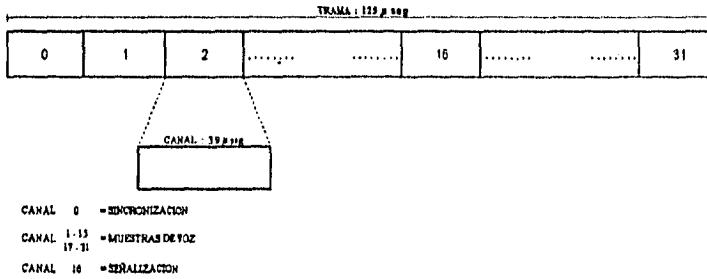


FIGURA No. 1.10 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE 31 CANALES.

2.4.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE 24 CANALES

La cadena de bits consiste de tramas que contienen 193 bits, donde 1 bit es usado para alineación y 192 son usados por los 24 canales de 8 bits cada uno.

Una llamada puede ser asignada a un cierto número de canal. Así que cada abonado estará disponible para enviar 8 bits en cada trama, esto es cada 125μ seg. Esto significa que la duración máxima de una trama (193 bits) es de 125μ seg.

La razón o velocidad de transmisión (bit rate) de una trama es de 193 bits en 125μ seg. ó 1,544 Mbits / seg.

La duración de 1 bit es de $125\mu \text{ seg.} / 193 = 648 \text{ nseg.}$

La duración de 1 canal es de $8 \times 648 \text{ nseg} = 5.18\mu \text{ seg.}$

Los 24 canales son usados del mismo modo. todos son usados tanto para voz como para señalización. La alineación es hecha por 1 bit que es asociado a estos 24 canales. Cada canal tiene 8 bits de los cuales el primero es un bit de signo y los otros siete son bits de magnitud, cuando un número de canales dado a un abonado ese abonado puede enviar 8 bits, en cada trama siempre usando el mismo canal. esta es la razón por la que se tienen 8000 tramas por segundo. (Ver Fig. No. 2.11)

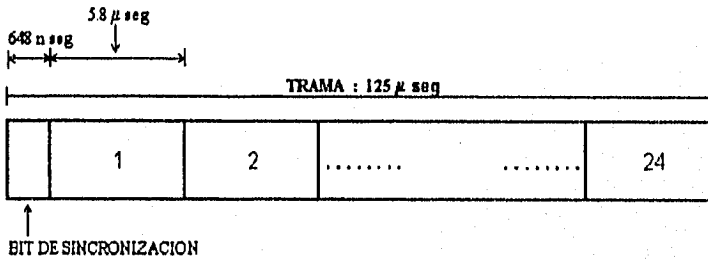


FIGURA No. 2.11 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE 24 CANALES.

2.4.3 SISTEMA PCM DE ORDEN SUPERIOR

Por supuesto el sistema de 30 canales, tratado hasta ahora, no es apropiado para la red de larga distancia. Su principal aplicación es en redes urbanas, en las que se usan los cables pares existentes, la red de larga distancia normalmente requiere una capacidad mucho mayor y para este fin se ha especificado una jerarquía de sistemas de Modulación por Pulsos

Codificados (PCM) con un número creciente de canales y una velocidad creciente de bits. La siguiente tabla 2.1 muestra un resumen de estas jerarquías

ORDEN	VELOCIDAD DE BITS Mbits/Seg	NUMERO DE CANALES	MEDIO DE TRANSMISION
1	2048	30	- Multipares
2	8,448	120	- Par blindado
3	34,368	480	- Par Blindado
4	139, 864	1920	- Coaxial
5	517,888	7680	- Coaxial
			- Fibra Optica.
			- Coaxial
			- Fibra Optica.
			- Fibra Optica.

TABLA 2.1

Los principios básicos para la multiplexación de un nivel jerárquico a otro son siempre los mismos, y por consiguiente el paso de un sistema de primer orden a uno de segundo orden puede servir como un modelo aplicable universalmente.

Cuatro flujo de bits de primer orden, cada uno con una velocidad de bits de 2,048 Mbist/seg, sirven como base para un sistema de segundo orden. Los cuatro flujos se llaman flujos primarios y se denominan A, B, C, y D. La multiplexación incluye entrelazados de bits, que significa que se compone un nuevo flujo extrayendo un bit cada vez, de los cuatro flujos primarios.

(Ver Fig. 2.12).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

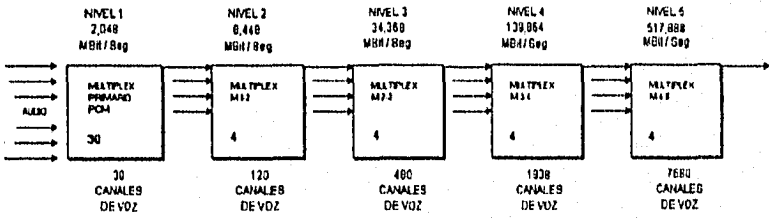


FIGURA No. 2.12 PCM DE ALTO ORDEN.

APENDICE A: Términos y Definiciones

Filtro Pasa Bajas

Filtro que permite el paso a una determinada banda y atenúa fuertemente todas las demás frecuencias fuera de dichas banda.

Modulador

Se emplea para variar la amplitud, frecuencia o fase de una señal de acuerdo con la forma de onda de la señal de información.

Multiplexación

Método que permite obtener dos o más vías de comunicación por un mismo medio de transmisión.

PCM - MIC

Modulación por Pulsos Codificados.

CCITT

Comite Consultivo Internacional de telegrafía y telefonía.

NRZ

No Returnable a Cero.

AMI

Inversión de Marcas Alternas.

HDB3

Alta Densidad Bipolar Exceso 3.

PAM

Modulación por Amplitud de Pulsos.

TDM

Multiplexión por División de Tiempo

CONCLUSIONES

En la actualidad la telefonía digital nos permite avanzar en forma significativa hacia un futuro de las telecomunicaciones mundiales con mucha prosperidad a gran velocidad es por esto que el presente trabajo permite definir los conceptos más elementales de una transmisión de señales digitales utilizando uno de los descubrimientos más significativos del presente siglo, en lo que a telecomunicaciones se refiere y es la Modulación por Pulsos Codificados (PCM). Mismo que evoluciono con la invención del transistor y los circuitos integrados.

Para el Desarrollo de cada tema se contemplaron los aspectos teóricos que permitirán establecer los principios de las técnicas digitales, e identificar las ventajas que ofrecen con respecto a las analógicas en aplicaciones de Sistemas de Comunicaciones.

Por lo anterior se puede concluir que los sistemas de Modulación por Pulsos Codificados nos permite evolucionar a un futuro de transmisión a gran velocidad con la que se pueden manejar grandes volúmenes de información confiable a grandes distancias.

BIBLIOGRAFIA

- **Telecommunication Transmission HandBook.**
Roger L. Freeman.
Editorial A-Whiley-Intersciencie Publication. 1975.
- **Fundamentos de Comunicación de Datos. Tom. S. Eqson**
Editorial LIMUSA. 1981.
- **Introducción a la Telefonía Digital.**
Directorio de Capacitación Tecnológica.
ALCATEL-INDETEL-TELECOM. Marzo, 1992.
- **Introducción a la Señalización por Canal Común**
CCITT No. 7. Victor Villalva.
ALCATEL-INDETEL-TELECOM. Enero, 1993.
- **Sistemas de Comunicación. B. P. Lathi.**
Limusa.
- **PCM Teoría y Principios del Sistema.**
Telecomunicaciones Públicas. ERICSSON
- **La Telefonía Digital. Joseph Joubert.**
Telecomunicaciones Públicas. ERICSSON
- **Telecomunicación Digital Tomo 1.**
Marcombo S.A. SIEMENS
- **Transmisión de Información, Modulación y Ruido.**
Mischa Schwartz.
Editorial McGraw Hill.