

48



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN"

## RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES EN ÁREA METROPOLITANA

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

GENARO GARCÍA PELÁEZ

MIGUEL GARCÍA PELÁEZ

ASESOR:

ING. NARCISO ACEVEDO HERNÁNDEZ

MÉXICO

2002

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# PAGINACION DISCONTINUA

## ***DEDICATORIA.***

### ***Gracias a mi Dios y Señor.***

Que generosamente me ha dado la vida y la fortaleza para conducirme por ella; así como el valor para enfrentar las adversidades que día a día la vida implica.

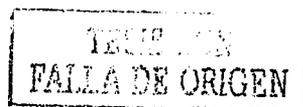
### ***A mis Padres.***

#### ***El Sr. Longinos García y la Sra. Sofía Peláez***

Que gracias a ellos, con su gran ejemplo de amor, valor, sacrificio y dedicación, han sido las guías de mi vida para lograr los objetivos que me he formulado.

### ***A mi linda Esposa.***

La Lic. en Enfermería y Obstetricia, Estela Méndez Carreón, que me ha brindado en todos los años que felizmente hemos vivido, el ambiente propicio de refugio y fortaleza, base necesaria para crecer y madurar como persona y como hombre.



## ***DEDICATORIA.***

### ***A mis Hijos.***

Paz Itzamara y Joshua Emmanuel, que son la fuente de inspiración para que día a día encuentre el motivo de mi superación.

### ***A mis Hermanos.***

Miguel, Gerardo, Leticia (✚), Juan y Pedro, mil gracias por contribuir en mi vida, cada uno a su manera, en la formación de mi persona.

### ***A mis Familiares y Amigos.***

Muchas gracias por haber participado de manera significativa, cada uno en la medida de lo posible, en mi formación personal y profesional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ***DEDICATORIA.***

### ***A mi Universidad, mis Profesores y Compañeros de Escuela.***

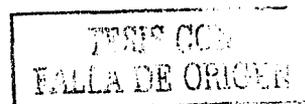
Gracias por brindarme la oportunidad de crecer, madurar y aprender los diversos matices de la vida, compartiendo su tiempo y su vida generosamente. Agradezco especialmente al Sr. Ing. Narciso Acevedo Hernández, gran compañero y Asesor de esta Tesis y a la E.N.E.P.-Aragón, U.N.A.M., por permitir forjarme un futuro prometedor.

### ***A mis Compañeros de Trabajo.***

A todos mis compañeros de trabajo y todas las Instituciones a las que pertenecen, muchas gracias, porque han sido fundamentales sus enseñanzas y consejos en mi crecimiento laboral y en la realización de este trabajo. Reitero especial agradecimiento a Teleconstructora y a Telmex.

***Sinceramente.***

***Genaro García Peláez.***



**Julio de 2002.**

## ***DEDICATORIAS.***

En primer lugar a Dios por su infinita bondad, y misericordia, siempre ha estado con nosotros, gracias a Él somos lo que somos y tenemos lo que tenemos. Gracias a Dios por las dos manifestaciones que ha tenido conmigo, aproximadamente en el año de 1976 y recientemente el día Domingo 30 de Junio del 2002.

A la Escuela y Profesores, a todos niveles, por la paciencia que nos tuvieron, la Escuela nos ha dado una forma propia de ver las cosas y una satisfacción personal.

Gracias a la E.N.E.P.-Aragón, Escuela donde todos los estudiantes fuimos tratados iguales, aceptados de la misma forma no importando el estatus social, lugar donde nos formamos como profesionistas.

A mis Padres, Sofia Peláez Pérez y Longinos García Martínez. Gracias a su esfuerzo y dedicación, desde siempre nos guiaron por la vida y nos apoyaron para asistir a la Escuela y tener la oportunidad de llegar a ser un profesionista.

A mis Hermanos: Genaro, Leticia (✚), Gerardo, Juan y Pedro, por todas las vivencias que tuvimos, toda la amistad y conjunción que logramos para salir adelante, espero que siempre sea de la misma manera en el futuro.

A mi esposa: Maribel Sosa García, a mis hijos Dessirée, Mara Eiléen y Eder Paul, por su amor, amistad y apoyo aún a su corta edad en el caso de mis hijos. Confío en Dios que pueda apoyarlos y ayudarlos en el futuro. Gracias a todos.

Agradezco mucho el apoyo y amistad a toda mi familia, cuñadas: Estela, Oralia, Martha Elvia, Yadira. Por todo lo que hemos vivido juntos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por otro lado agradezco mucho a mis sobrinos: Paz Itzamara, Joshua Emmanuel, David, Karla Andrea. Por todo su apoyo y amor.

Quiero dar en este trabajo de Tesis un reconocimiento muy especial al "Compa" por todo su apoyo. Gracias.

En estos momentos, antes de presentar el exámen profesional quiero agradecer mucho (en presencia de la situación que estoy viviendo) a las siguientes personas: Ignacio Sosa A., María García M., Gaudencio y esposa, Fidel y esposa, Maribel y mis Hermanos, Cuñadas y Sobrinos.

Por todas las atenciones de apoyo y amistad que tienen hacia mi persona. Gracias.

Con la misma intención agradezco el apoyo recibido por parte de la Familia Sosa García y García Peláez, cuento con la buena vibra de todos ellos para llevar a feliz término el exámen profesional. Saludos.

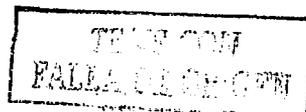
Doy gracias sinceras a nuestro Asesor Ing. Narciso Acevedo Hernández, por todas las atenciones y apoyo que he tenido con nosotros en la realización de este trabajo de tesis.

Así mismo agradezco a los Ingenieros Raúl Barrón Vera, Juan Gastaldi Pérez, Pablo Luna Escorza y Enrique García Guzmán por todas sus aportaciones y sugerencias en este trabajo de Tesis.

Un reconocimiento y agradecimiento a las Instituciones Teleconstructora y Telmex por todas las aportaciones que he recibido.

A mis compañeros de trabajo y amigos agradezco su amistad.

Si algún colega, llegara a revisar este trabajo de Tesis, espero le sirva para sus intereses.



Por otro lado le digo que si es titulado, felicidades. En caso de que no lo sea, que se esmere en su trabajo, que demuestre que aún no siendo titulado, tiene mucho que aportar, porque influyen muchos factores para la titulación. En fin, colegas Ingenieros, vamos a formar parte de la Industria. Muchas ganas, saludos.

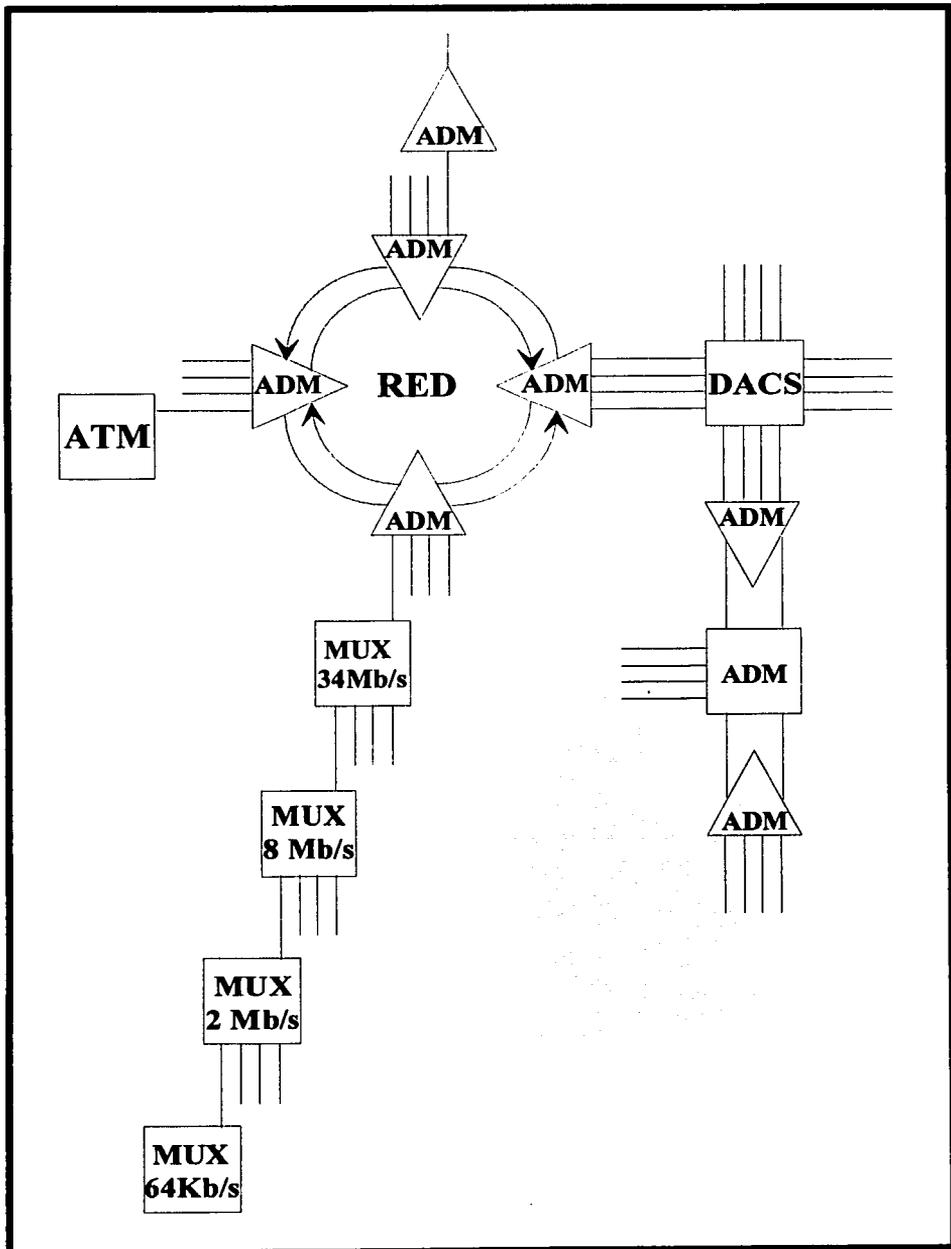
ATENTAMENTE.

MIGUEL GARCÍA PELÁEZ.

Julio del 2002.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES EN ÁREA METROPOLITANA.



YESIS CGN  
FALLA DE ORIGEN

# ***ÍNDICE.***

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN ;

# RED DE TRANSPORTE DE TELECOMUNICACIONES EN ÁREA METROPOLITANA.

ÍNDICE. . . . . .ii

INTRODUCCIÓN. . . . . .vii

CAP. 1. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.

1.1. Generalidades. . . . . .2

1.2. Señales de información. . . . . .5

    1.2.1. Señales analógicas y digitales. . . . . .5

    1.2.2. Transmisión de señales de información. . . . . .7

1.3. Modulación de señales de información. . . . . .8

    1.3.1. Tipos de modulación. . . . . .9

    1.3.2. Multiplexación. . . . . .10

    1.3.3. Multiplexación por distribución de frecuencia (FDM). . . . . .11

    1.3.4. Multiplexación por distribución de tiempo (TDM). . . . . .13

TELECOMUNICACIONES  
FALLA DE ORIGEN

**CAP. 2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.**

2.1. Medios de transmisión. . . . .17

2.2. Clasificación de los medios de transmisión. . . . . 20

    2.2.1. Línea de transmisión de par trenzado. . . . .23

    2.2.2. Línea de transmisión coaxial. . . . .25

    2.2.3. Guía de ondas. . . . .26

    2.2.4. Fibra óptica. . . . .27

**CAP. 3. MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS (PCM).**

3.1. PCM como método de transmisión. . . . .33

3.2. Etapa de filtrado. . . . .37

3.3. Muestreo. . . . .38

3.4. Cuantificación. . . . .41

3.5. Codificación. . . . .43

3.6. La trama de PCM. . . . .45

3.7. La multitrama PCM. . . . .46

3.8. Señalización PCM. . . . .49

3.9. Códigos. . . . .50

**CAP. 4. SISTEMAS PDH Y SDH.**

4.1. Generalidades. . . . .56

4.2. Sistema PDH. . . . .57

    4.2.1. Estándares de multiplexación. . . . .58

    4.2.2. Descripción de la norma europea. . . . .60

4.3. Velocidades de transmisión PDH. . . . .60

4.4. Procedimiento de multiplexaje en PDH. . . . .62

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

4.4.1. Adaptación de las velocidades de transmisión en PDH. . . . . 62

4.5. Sistema SDH. . . . . 63

4.6. Uso de SDH. . . . . 65

4.6.1. Principios básicos de SDH. . . . . 66

4.6.2. Características de los sistemas SDH. . . . . 69

4.6.3. Ventajas al utilizar sistemas SDH. . . . . 71

4.6.4. Utilidad de los sistemas SDH. . . . . 71

4.7. Estándares de multiplexación. . . . . 71

4.8. Velocidades de transmisión SDH. . . . . 73

4.9. Proceso de multiplexaje en SDH. . . . . 74

4.10. Proveedores de equipo. . . . . 75

**CAP. 5. REDES DE TELECOMUNICACIONES.**

5.1. Red de telecomunicaciones. . . . . 79

5.2. Proceso de conmutación. . . . . 82

5.3. Clasificación de redes. . . . . 84

5.4. Elementos de red. . . . . 85

5.5. Centrales telefónicas. . . . . 88

5.6. Red troncal. . . . . 91

5.7. Topología de redes. . . . . 95

5.8. Configuración de nodos. . . . . 97

**CAP. 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE.**

6.1. Organismos de normalización. . . . . 101

6.2. Planes fundamentales. . . . . 103

6.3. Administración de la construcción de la red de transporte. . . . . 105

6.4. Red de transporte por sistemas punto a punto. . . . . 107

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

6.4.1. Sistemas de primer orden. (2 Mb/s).	.108
6.4.2. Sistemas de alto orden.	.112
6.5. Sistemas de alta velocidad PDH/SDH.	.118
6.5.1. La jerarquía digital síncrona.	.118
6.5.2. Configuración punto a punto.	.120
6.5.3. Topología en bus.	.121
6.5.4. Configuración en anillo.	.121
6.5.4.1. Anillo unidireccional.	.122
6.5.4.2. Anillo bidireccional.	.124
6.6. Construcción de un segmento de red.	.127
6.6.1. Ejemplo práctico (real).	.134
6.6.2. La O.T. y el protocolo de recepción de pruebas de equipo.	.134
6.6.3. El protocolo de pruebas de recepción de equipo.	.132
Conclusiones.	.156
Bibliografía.	.166
Anexos.	
Anexo A. Resumen de características de unidades de alta velocidad.	.173
Anexo B. Resumen de recomendaciones ITU-T.	.183
Anexo C. Esquemas del sistema L-AXD 620 Ericsson.	.189
Anexo D. Acrónimos.	.194

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ***INTRODUCCIÓN.***

TEMA CON  
FALLA DE ORIGEN

Desde el inicio de su existencia, el hombre ha buscado la mejor forma de comunicarse con sus semejantes, pues como ente social, tiene la necesidad de interrelacionarse con ellos; bien sea para facilitar su sobrevivencia, o simplemente para llevar a cabo una vida mas confortable. Así, bajo esta primicia, ha tratado de encontrar los medios y los métodos que le permitan alcanzar sus objetivos e intereses.

Claro está, que en sus principios, la manera de lograr la comunicación era rudimentaria, pues sólo contaba con métodos tan simples como el correo humano, palomas mensajeras o señales luminosas y/o audibles.

Con el transcurrir del tiempo, el hombre ha realizado descubrimientos tales como la electricidad, las ondas electromagnéticas y las propiedades intrínsecas y extrínsecas de diversos materiales, que le han permitido crear dispositivos y sistemas capaces de transportar el o los mensajes, que le son convenientes hacer llegar a sus semejantes localizados en puntos lejanos, de esta manera, considerando estos descubrimientos y desarrollos, surge un nuevo método de comunicación conocido bajo el término de "Telecomunicaciones", que es, comunicación a distancia mediante el uso de dispositivos eléctricos y ópticos, capaces de transportar la información de un punto a otro distante.



Un sistema de telecomunicaciones tiene como objetivo primordial hacer llegar un mensaje o información de un punto a otro, de una forma clara, rápida y precisa, por lo que es necesario la integración de un conjunto de personas, equipo electromecánico, electrónico, métodos y técnicas capaces de funcionar en su totalidad de manera conjunta.

Para que el sistema de telecomunicaciones cumpla con el objetivo de hacer llegar su mensaje a su destino, son necesarios tres elementos a).- El transmisor, b).- El medio de transmisión y, c).- El receptor. El transmisor cumple con la función de procesar la señal mensaje de tal forma que ésta se pueda adaptar a la línea de transmisión para su envío al lado distante, bien sea una señal eléctrica o una señal luminosa. Ahora bien, el medio de transmisión posee ciertas características que permiten que através de él, la señal de información ya procesada en el transmisor, pueda llegar desde el punto origen hasta el punto destino con calidad suficiente (relativamente poco ruido) para ser comprensiblemente procesada por el receptor. Por último, la unidad receptora capta la señal procedente del transmisor, la procesa de tal forma, que pueda ser extraída la señal de información y la entrega de manera adecuada en forma conveniente al usuario.

En la actualidad los mensajes de telecomunicaciones pueden ser de dos tipos: analógicos y digitales. Los mensajes analógicos son aquellos que poseen datos cuyos valores fluctúan dentro de un rango continuo, tales como el audio y el video, originando por tanto un número infinito de valores dentro de ese rango, mientras que los mensajes digitales, se caracterizan por estar constituidos por un número finito determinado de símbolos que representan, bien sea texto o números, formados por caracteres alfanuméricos, como es el caso de los datos.

Hoy en día los sistemas de telecomunicaciones más empleados, son sin duda, los sistemas digitales, debido a que como característica principal, además de la rapidez de transmisión, está la gran calidad de recepción, pues en estos sistemas, en la etapa receptora se recibe la señal procedente del transmisor hasta con mucho menos de un error por millones de pulsos transmitidos, características que los hacen sobresalir sobre los sistemas analógicos.

Las señales de información analógicas o digitales para su envío al lado distante mediante las redes de Telecomunicaciones, se convierten en señales eléctricas conocidas como señales de banda base y utilizando el proceso de modulación y demodulación, es posible su transmisión y recepción por medios eléctricos. Las señales de banda base pueden procesarse por métodos analógicos o digitales, originando lo que se conoce como codificación

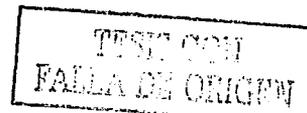
RECIBIDO EN LA  
FABRICA DE  
TELECOMUNICACIONES  
NOV 23 1981

y transmisión analógica, y codificación y transmisión digital. Así, las señales analógicas son transportadas por líneas de transmisión analógica, mientras que las señales digitales lo hacen empleando líneas de transmisión digital. En algunos casos, existe necesidad de enlazar sistemas analógicos con sistemas digitales, esto puede llevarse a cabo de una manera satisfactoria haciendo uso de la interfaz especial designada convertidor o equipo de ínter operación conocidos como Convertidor de Analógico a Digital (ADC) y Convertidor de Digital a Analógico (DAC).

Para la transmisión de información se lleva a cabo el proceso denominado Modulación, el cual consiste en montar la señal de baja frecuencia (información), en una señal de alta frecuencia (portadora) para su transportación. El proceso de modulación de señales de información presenta varias ventajas, pues da facilidades de selección del tipo de transmisión a emplear como señales eléctricas, ondas de radio o haces luminosos, además, permite la transmisión simultánea de varias señales de banda base intercaladas, en lo que se designa como Multiplexación, en dos modalidades: Multiplexación por División de Frecuencia, y Multiplexación por División de Tiempo, sin excluir la enorme ventaja que representa poder intercambiar el ancho de banda (B) con la potencia de transmisión (S) de un sistema de transmisión en particular.

Los medios de transmisión dadas sus características físicas, capacidades de conducción y tipos de señales que transportan, se suelen clasificar en varias categorías, siendo las más importantes según el tipo de enlace, el tipo de señal que transporta y la frecuencia de operación de las señales que conducen. Así, podemos decir que hay enlaces físicos y no físicos, de señales analógicas y digitales, y de enlaces de banda angosta y banda ancha.

La transmisión de señales de información mediante el PCM es un método de conversión de información analógica a una forma digital, sin embargo, es un método de comunicación ya sea para señales de audio, datos y video en donde su principal característica es el poder multiplexar varias señales de banda base en tiempo compartido, adicional a la transmisión y recepción de gran cantidad de información con un mínimo de error. Este método de transmisión está constituido por las etapas de filtrado, muestreo, cuantificación, codificación, multiplexación, conversión de código y conversión de señal binaria a bipolar para su transmisión, mientras que en el lado de recepción las etapas son inversas.

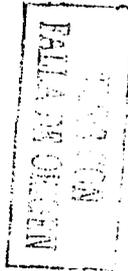


Los sistemas que trabajan bajo la tecnología PDH, son equipos multiplexores digitales que multiplexan señales plesiócronicas (o casi síncronas), de orden jerárquico o velocidad inferior a partir de 2.048 Mb/s en un tren de pulsos digitales de velocidad mayor u orden jerárquico superior. Las características de estos sistemas radican en la señal de salida que puede acoplarse a un medio de transmisión por medio de un equipo terminal de línea (terminal óptico o radio digital), o bien, puede ser la señal de entrada a otro equipo con tecnología SDH. Además, los sistemas PDH reciben señal digital y entregan señal digital, de 2° a 5° orden.

Los equipos de tecnología SDH brindan cualidades que van mucho más allá de los obtenidos con sistemas PDH, pues un sistema de transporte síncrono presenta facilidades de interconexión, conmutación, transmisión y control de red de Telecomunicaciones, posibilidades que permiten que sistemas SDH puedan emplearse en las áreas de red local, red inter-central y red de largo alcance, teniendo como consecuencia, que la tecnología SDH proporcione una infraestructura unificada de red de Telecomunicaciones. La señal de entrada de los equipos SDH son también digitales, siendo las de valor más bajo de 1.54 Mb/s y 2.048 Mb/s y la señal de salida está en función del orden o Módulo de Transporte Síncrono (STM) requerido, tal como STM-1, STM-4 o STM-16, pero es una señal luminosa la que tendrá que viajar por fibra óptica.

Los equipos SDH, así como los PDH están fundamentados en una serie de recomendaciones emitidas por el C.C.I.T.T. (ahora ITU-T) para poder construir una red universal de Telecomunicaciones en todo el mundo y que repercute en una alta calidad y relativamente bajo costo.

La necesidad de comunicación entre dos puntos puede resolverse enlazando dos equipos terminales, uno para cada usuario mediante la unión de una sola línea de transmisión. Sin embargo, en caso de necesitar la comunicación con un tercer usuario, no es económicamente viable proponer un segundo juego de equipo terminal con su respectivo canal de comunicación, ya que no es posible realizar este tipo de arreglo para cada usuario que tenga la necesidad de comunicación. Por lo tanto, la solución a esta situación esta dada gracias a la participación del dispositivo conocido como conmutador, asociado a cada usuario, de esta forma, se puede lograr la comunicación entre varios usuarios y solamente un equipo terminal por usuario, puesto que ya se está en posibilidad de seleccionar la línea de transmisión



apropiada de acuerdo a la dirección del usuario destino. A este tipo de arreglo se le conoce como Red Conmutada Simple. Consecuencia de esto, las líneas de transmisión se transforman en una estructura compleja de medios de transmisión y conmutadores, mejor conocida como Red de Transporte y Conmutación, dando origen a la Central Telefónica o Nodo, que es el lugar donde se encuentran contenidos los dispositivos de conmutación y líneas de transmisión, y que dicho Nodo es compartido por varios usuarios conectados mediante líneas de usuarios. La integración de múltiples centrales telefónicas conforman lo que se conoce con el nombre genérico de Red Telefónica de Conmutación Pública (RTCP), y que complementada por las líneas troncales que interconectan a los nodos, crean la denominada *Red de Transporte de Telecomunicaciones*.

Para la correcta y adecuada funcionalidad de los equipos y dispositivos de Telecomunicaciones, en 1978 la Organización Internacional de Estándares (I.S.O.) nombra un comité encargado de crear una Arquitectura de Red capaz de enmarcar a todos los elementos de transmisión.

A raíz de todo esto, surgen organismos que son los responsables de la emisión de Normas y Recomendaciones para la Arquitectura de Red tales como; I.E.E.E., E.I.A., I.S.O., A.N.S.I., y la C.C.I.T.T., ahora conocida como I.T.U.-T., y que realizan la revisión de la estandarización de las Telecomunicaciones aplicables a escala mundial.

Como en todo proyecto, se necesitan planes y estrategias para su realización, así también en las Redes de Telecomunicaciones, existen Planes Fundamentales que marcan las directrices para su realización y correcto funcionamiento, considerando aspectos técnicos y financieros. Los Planes Fundamentales para la construcción, operación y mantenimiento de las Redes de Telecomunicaciones son seis, bajo los términos de:

- 1.- Plan de Transmisión.
- 2.- Plan de Numeración y Enrutamiento.
- 3.- Plan de monitoreo de uso.
- 4.- Plan de Tarificación y Contabilidad.
- 5.- Plan de Mantenimiento.
- 6.- Plan de Sincronización.



Las redes de Telecomunicaciones pueden construirse en zonas metropolitanas o en regiones circunvecinas a las grandes ciudades, por lo tanto, es conveniente que los Departamentos encargados de Proyectos y Programación, Construcción y Supervisión Técnica, de Recursos materiales, Humanos y de equipo, contemplen la construcción de Red de Transporte tanto para el área Metropolitana como foránea. Es necesario, por tanto, que la Gerencia de la Red de Transporte, mediante el Departamento de Proyectos emita las respectivas Ordenes de Trabajo para la construcción y configuración de segmentos de red necesarios para brindar el servicio telefónico en un área determinada, así como el respectivo protocolo de recepción de pruebas de los equipos y sistemas en cuestión, de acuerdo a las recomendaciones del ITU-T para garantizar un servicio de telecomunicaciones de alta calidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ***CAPÍTULO. 1.***

## ***SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.***

### 1.1. GENERALIDADES.

El hombre desde el inicio de su existencia ha tenido la inquietud y la finalidad de lograr la comunicación con sus semejantes a distancias cada vez más grandes, pues la historia ha demostrado que la comunicación rápida y confiable, ha sido fundamental para lograr objetivos tan importantes como la supervivencia o el éxito sobre alguna empresa.

Dentro de los primeros métodos de comunicación que el hombre utilizó para establecer contacto con sus semejantes está la del correo humano, palomas mensajeras, sonidos y señales luminosas, métodos que en la actualidad en algunos lugares o en algunas situaciones se siguen usando, pero de manera moderna; al utilizar unidades que comprenden elementos o dispositivos más complejos, que en relación con los métodos iniciales los hacen ser más rápidos, más precisos y por lo tanto, más confiables.

Los primeros métodos de comunicación desarrollados por el hombre poseían los inconvenientes de ser lentos, limitados y poco confiables; sin embargo, con el descubrimiento de la electricidad en conjunto con los inventos desarrollados por Morse, Bell

y Marconi, entre otros, respecto a experimentos electromagnéticos dieron origen a lo que hoy se denomina comunicación inalámbrica, radio-comunicación o en general, Telecomunicaciones, métodos que solucionaron los problemas de los inconvenientes iniciales, pues en la actualidad los mensajes son casi instantáneos, ilimitados, económicos y de un alto grado de confiabilidad, además de que las distancias son prácticamente de poca consideración.

El sistema de Telecomunicaciones esta constituido como un conjunto integral de personas, equipo electromecánico y electrónico, instalaciones adecuadas, métodos y técnicas necesarias para prestar el servicio de comunicación entre personas y/o máquinas.

Se entiende como *comunicación*, a la acción o efecto de transmitir y/o recibir un mensaje o información, conocimiento, relación o correspondencia entre personas, máquinas o ambos de una manera directa o indirecta mediante el uso de los sentidos o sensores, de un punto a otro a través de la distancia.

Los sistemas de comunicación modernos y concretamente los que involucran el uso de señales eléctricas, vienen a revolucionar el concepto de comunicación, debido al uso de la nueva tecnología denominada "videoconferencia" o "teleconferencia" al realizar una comunicación casi instantánea, económica y confiable entre las personas de un lugar o de diferentes lugares, tanto en el ámbito económico, como político y social. En la actualidad existen varios métodos de comunicación donde la diversidad estriba en los entes involucrados para realizarla. La Fig. 1.1 muestra un modelo completo de la clasificación de los métodos de comunicación.

Un sistema de telecomunicación es aquel medio que permite llevar información de un punto a otro, utilizando las propiedades de las corrientes eléctricas tanto alternas como directas, así como las características de los haces luminosos para cumplir con el cometido de la transportación de los mensajes. De esta manera, la selección de las señales eléctricas y luminosas se realiza considerando la calidad del envío de la información.

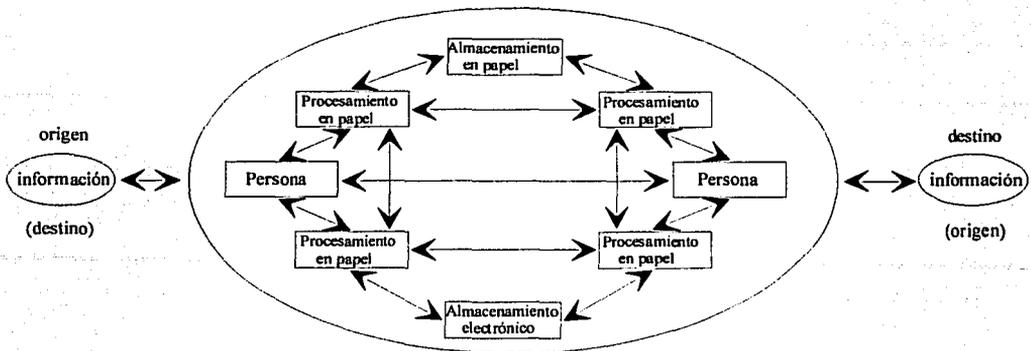


Fig. 1.1. Modelo de métodos de telecomunicaciones.

En el medio de las telecomunicaciones, se denomina como *información*, al grupo de datos o caracteres que representan ideas que tienden a aumentar el conocimiento, la inteligencia, el raciocinio o la conciencia de quien las recibe. Por otro lado, científicamente, el concepto de información queda bien definido para ser aplicable en el proceso de las telecomunicaciones mediante la conocida ecuación de Shannon que establece el límite de la transmisión de información sobre un canal de comunicación, considerando tanto el ancho de banda del canal, como la relación señal a ruido involucrada de acuerdo a la expresión:

$$C = B \text{ Log}_2 (1 + \text{RSR}) \quad \text{bits / seg.}$$

donde  $C$  es el índice de transmisión de información por segundo (llamado también como capacidad de canal), que significa el número máximo de dígitos binarios (bits) que se pueden transmitir a razón de un segundo con la probabilidad de incurrir en *cero errores*.  $B$  es el ancho de banda del canal de comunicación, significa el rango de frecuencias que el canal puede conducir con aceptable fidelidad y la  $\text{RSR}$  es la relación señal a ruido. El subíndice 2 del logaritmo especifica el número de símbolos diferentes utilizados en la transmisión, en este caso en particular es 2 (0 y 1).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.2. SEÑALES DE INFORMACIÓN.

En un sistema de telecomunicación la necesidad existente es la transmisión y recepción de señales tales como voz, imagen y datos, por lo que es conveniente conocer sus características, así como el proceso requerido para su envío y recuperación.

La información o mensaje, para transportarse haciendo uso de las redes de telecomunicaciones necesita adecuarse o convertirse a una señal eléctrica de información, entonces, existe la necesidad de conversión mediante un transductor al inicio del sistema para la obtención de la *señal eléctrica de banda base*, pero debido a su inadecuado formato para el envío al punto distante, es necesario modificarla para su aplicación a algún medio de *transmisión para su transportación*, empleando el proceso de conversión conocido como *Modulación*, bien sea para señales analógicas o digitales. En el lado de transmisión se lleva a cabo el proceso de *modulación*, mientras que en el lado receptor, para la recuperación de la señal de información se realiza la denominada *demodulación*.

### 1.2.1. SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES.

Los métodos básicos para la transformación de información de una señal eléctrica para su transmisión, son dos: La *codificación y transmisión analógica*, y la *codificación y transmisión digital*.

Las señales eléctricas de información, bien sea, una corriente o un voltaje eléctricos, de acuerdo a sus características de variación en relación al tiempo y valor en amplitud, se presentan en dos modalidades (Fig. 1.2.):

- \* Señales Analógicas.
- \* Señales Digitales.

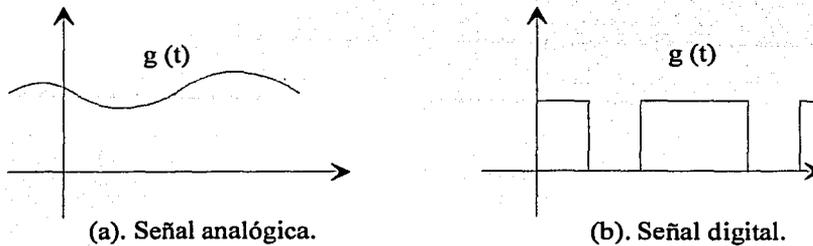


Fig. 1.2. Señales eléctricas de información analógica y digital.

Las señales analógicas son todas aquellas señales continuas en el tiempo, denotadas por  $f(t)$  o  $g(t)$ , que poseen un valor de amplitud para cada valor de tiempo. Por otro lado, las señales digitales son las señales discretas en el tiempo, por lo que existe un valor de amplitud diferente de cero en solo determinados intervalos de tiempo.

Los tipos de información a emplearse en las redes de telecomunicaciones son:

i).- Audio (voz), es la señal de información acústica que el oído humano es capaz de percibir y comprender, presenta variaciones - frecuencias - en el rango de los 20 Hz a los 20 KHz, y como caso particular la alta fidelidad ubicada entre los 15 Hz y los 20 KHz. (Fig. 1.3a).

ii).- Video o imagen, son las señales que el ojo humano puede interpretar gracias a las cualidades de persistencia (capacidad de retención) y resolución de una imagen (distinción entre las frecuencias de 30 Hz a 4 Mhz). (Fig. 1.3b).

iii).- Datos, señales constituidas por caracteres alfanuméricos (textos y números) que presentan información transformada mediante códigos para su transmisión. (Fig. 1.3c).

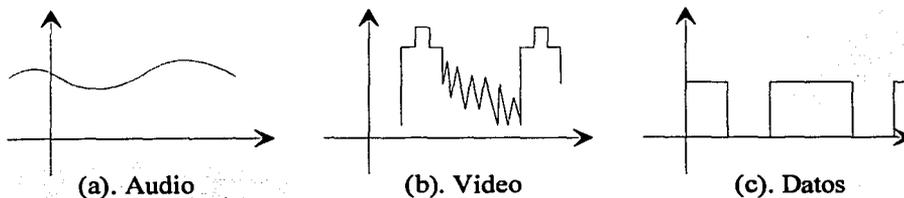


Fig. 1.3. Señales eléctricas de audio, video y datos.

TRIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

La conversión de la información a una señal analógica se da como resultado de la obtención de la señal eléctrica, que es directamente proporcional a la variación de la señal de información, tales como las audiofrecuencias y señales de video.

Las señales digitales tienen como principales características dos componentes:

1.- Velocidad de transmisión, que se refiere al número de bits por segundo que se transmite o recibe y que puede expresarse en bits/seg, Kb/s, Mb/s y Gb/s.

2.- Amplitud del pulso, consiste en la magnitud máxima del pulso con respecto al punto cero de referencia, y que además es constante.

### 1.2.2 TRANSMISIÓN DE SEÑALES DE INFORMACIÓN.

Si la información se convierte en un tren de pulsos eléctricos que implica la generación de valores discretos de amplitud, se dice que se trata de una codificación digital. Los dos posibles valores de pulsos eléctricos dan origen al término binario. De esta manera, a la información transportada por un tren de pulsos eléctricos con solo dos valores (dígitos diferentes) se designa como *transmisión digital binaria*.

Para el caso de la transmisión de *señales de línea analógicas* se emplea el proceso conocido como *Modulación*, que consiste en “*montar*” una señal de baja frecuencia (*moduladora*) o señal de información - audio, video, datos - en otra señal de alta frecuencia (*portadora*) para su transportación.

El proceso de modulación - que en realidad es la multiplicación de la señal portadora y la señal moduladora - consiste en alterar algún parámetro característico de una señal eléctrica de alta frecuencia o portadora, de acuerdo a alguna característica de la señal de banda base o moduladora. A la señal portadora que por lo general es una onda sinusoidal, puede alterarse alguno de sus parámetros tal como amplitud, frecuencia, fase o combinación de estos dos últimos, de manera proporcional de acuerdo a la señal moduladora. (Fig. 1.4).

La información en señal analógica se transporta utilizando *líneas de transmisión analógica*, consecuentemente, las centrales telefónicas analógicas son las que proporcionan

este tipo de red, mientras que la información contenida en señal digital, se transporta empleando *líneas de transmisión digital*, facilitadas por las centrales telefónicas digitales.

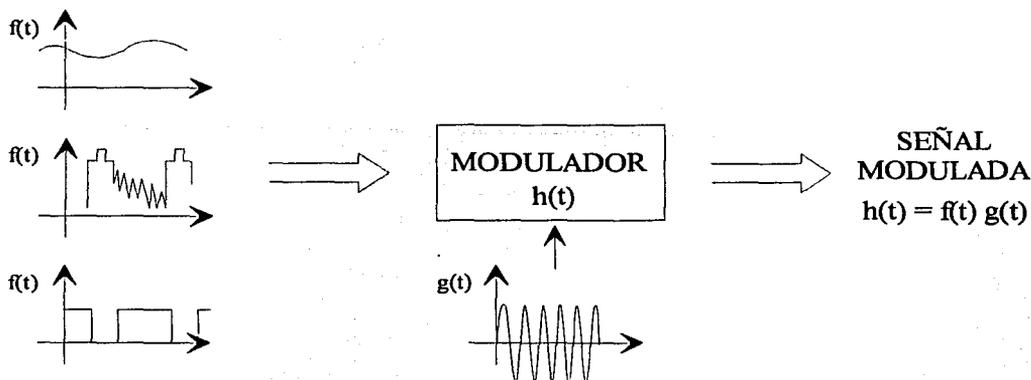


Fig. 1.4. Proceso de modulación de señales electrónicas.

### 1.3. MODULACIÓN DE SEÑALES DE INFORMACIÓN.

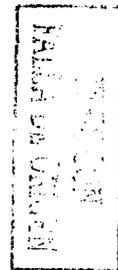
Dentro de las principales ventajas que presenta el proceso de modulación, están las siguientes:

a).- Facilidad de transmisión, que consiste en la diversidad de selección del tipo de transmisión que se desea emplear, con el apoyo de la variedad tecnológica, para el uso de ondas de radio, rayos infrarrojos, luz visible o señales eléctricas.

b).- Transmisión simultánea de múltiples señales de banda base, pues, gracias al proceso de Multiplexación por División de Frecuencia (FDM) o Multiplexación por División de Tiempo (TDM), es posible intercalar sin traslaparse varias señales de información.

c).- El intercambio entre el ancho de banda (B) y la potencia de transmisión (S) que en un sistema de transmisión en particular, un recurso podría ser más valioso que otro.

Existen dos factores primordiales en cuanto a la capacidad del canal  $C$  - bits/seg.- y la calidad de transmisión de la señal, son; el ancho de banda del canal y la potencia de la señal,



que constituyen los elementos más importantes a considerar en un canal de telecomunicaciones.

El ancho de banda total de cada grupo de señales, integran el ancho de banda de un equipo terminal de línea, así, a cada ancho de banda parcial denominado *tributario*, corresponde a un determinado número de canales de banda base.

### 1.3.1. TIPOS DE MODULACIÓN.

Para la transmisión analógica o transmisión por tonos, de acuerdo a los parámetros que se modifican en la señal portadora de alta frecuencia, se tienen los diversos tipos de modulación :

- A):- Modulación en Amplitud. (AM).
- B):- Modulación en Frecuencia (FM).
- C).- Modulación en Fase (PM).

Para la multiplexación por distribución de frecuencias (FDM) de señales analógicas, si se emplea como medio de transmisión el par físico de cobre o aluminio, se necesitan dos circuitos unidireccionales de 2 hilos cada uno; un circuito para Tx y otro para Rx.

Para la transmisión digital o transmisión por pulsos, según las características que se varíen en el tren de pulsos que muestrea a una señal analógica, tenemos :

- A).- Modulación por amplitud de pulsos (MAP o PAM).
- B).- Modulación por ancho de pulsos (MWP).
- C).- Modulación por posición de pulsos (MPP o PPM).
- D).- Modulación por pulsos codificados (MPC o PCM).

### 1.3.2. MULTIPLEXACIÓN.

El método de *multiplexación* o *multicanalización*, consiste en la unificación de señales de información de una misma velocidad, hacia la creación de una señal de velocidad mayor y viceversa, con la finalidad de poder compartir un medio de transmisión, intercalando las señales componentes en tiempo (MDT o TDM) o espacio (MDF o FDM), de tal manera que *no se traslapen entre sí*. Al proceso de compresión de señales para la formación de una señal de mayor velocidad en el lado transmisor, se conoce particularmente como *Multiplexación*, y la descompresión de una señal de alta velocidad en varias señales de velocidad menor en el lado receptor se llama *Demultiplexación*.

La multiplexación puede darse en señales analógicas y en señales digitales. Para el caso de señales analógicas, el método empleado es la Multiplexación por Distribución de Frecuencias (FDM), y para señales digitales se emplea la Multiplexación por Distribución de Tiempo (TDM), o también conocido como tiempo compartido. La multiplexación del número de señales esta en función del ancho de banda del canal mismo de comunicación en cuestión. (Fig. 1.5a y b.).

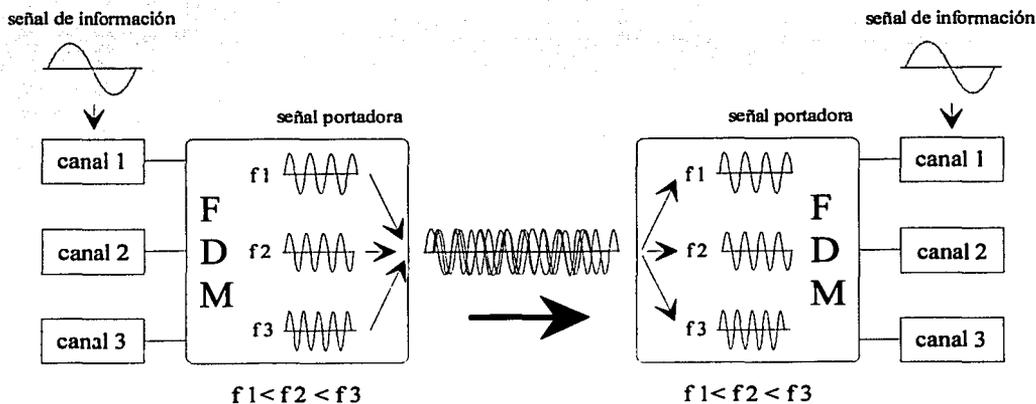


Fig. 1.5a. Multiplexación de señales analógicas (FDM).

TRABAJO CON FALLA DE ORIGEN

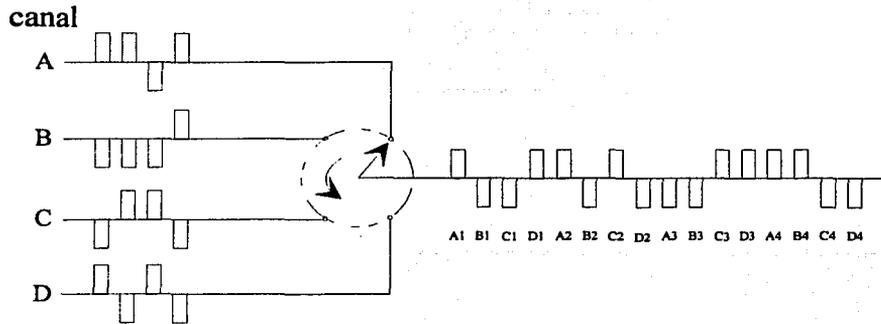


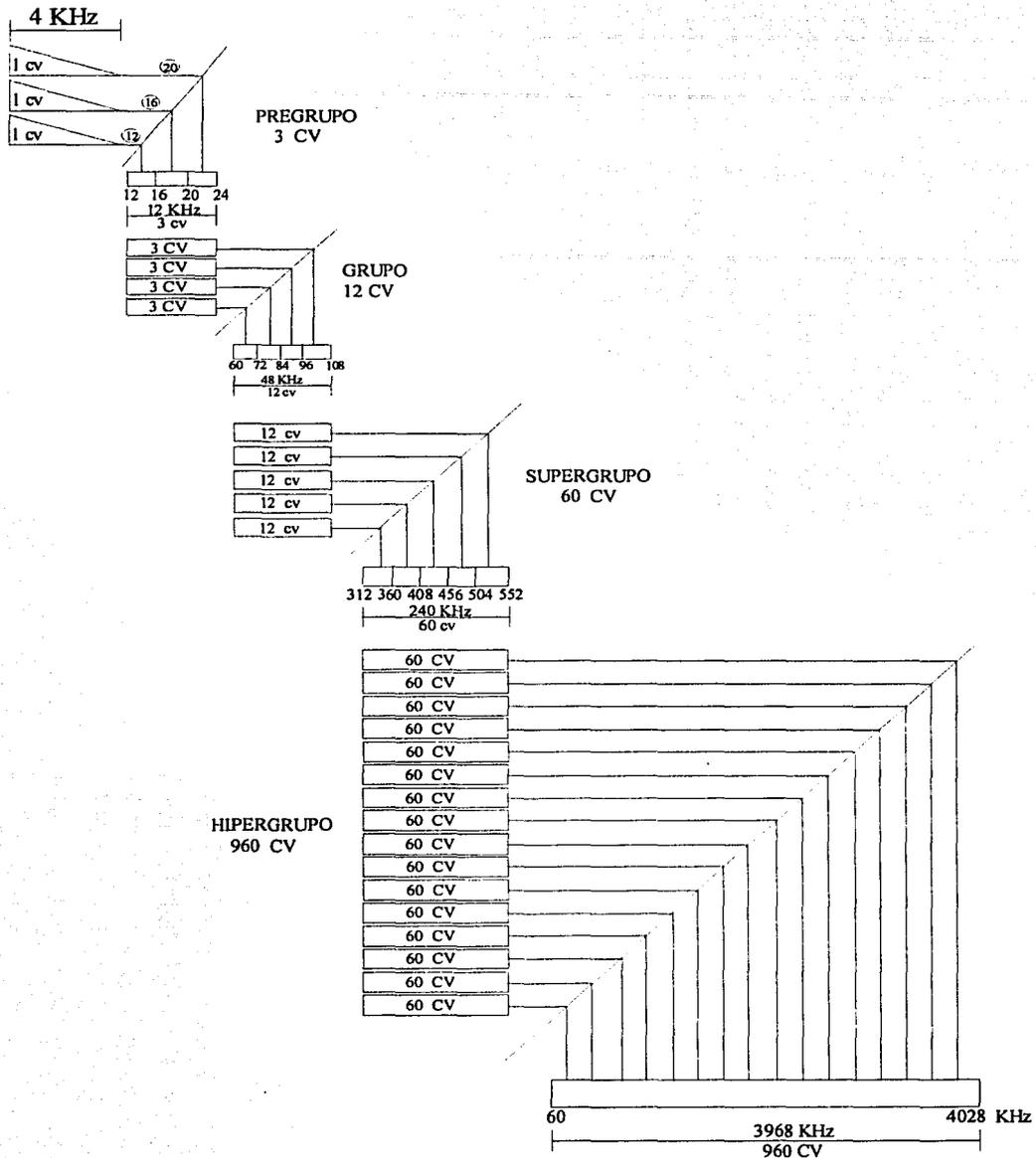
Fig. 1.5b. Multiplexación de señales digitales (TDM).

### 1.3.3. MULTIPLEXACIÓN POR DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (FDM).

El dispositivo encargado de realizar la distribución de las frecuencias con sus anchos de banda para la multiplexación de señales es el *equipo de traslación*. Así tenemos al equipo de traslación de canal (ETC) que da origen a un grupo, o al equipo de traslación de supergrupo (ETS) que comprende a 5 grupos. La clasificación por anchos de banda en la jerarquía de multiplexaje por distribución de frecuencias (FDM), se ilustra en la Tabla 1-I. y la Fig. 1.6.

La traslación de frecuencias se lleva a cabo por modulación de los anchos de banda que constituyen el rango de operación que poseen las portadoras de diferentes frecuencias, donde cada señal portadora es originada por el equipo de traslación. Así, cada señal portadora es modulada por la señal de banda base de cada canal de información a enviar. Dado que el total de la información se encuentra contenida en las bandas laterales (superior e inferior), por cuestiones económicas se emplea la técnica de transmisión de Banda Lateral Unica con Portadora Suprimida (BLU-PS) y por facilidad de extracción de la señal de información, se utiliza solo la banda lateral inferior (Fig. 1.7.).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Fig. 1.6. Distribución de canales de voz en FDM.

**TABLA 1-I.****JERARQUÍA EN MULTIPLEXAJE POR DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA (FDM)**

NOMBRE (ancho de banda)	CONTENIDO	ANCHO DE BANDA	BANDA BASE	No. DE CANALES
Canal telefónico		4 KHz	0 - 4 KHz	1
Pregrupo	3 canales	12 KHz	12 - 24 KHz	3
Grupo	12 canales	48 KHz	60 - 108 KHz	12
Supergrupo	5 grupos	240 KHz	312 - 552 KHz	60
Hipergrupo	16 supergrupos	4 MHz	60 - 4028 KHz	960

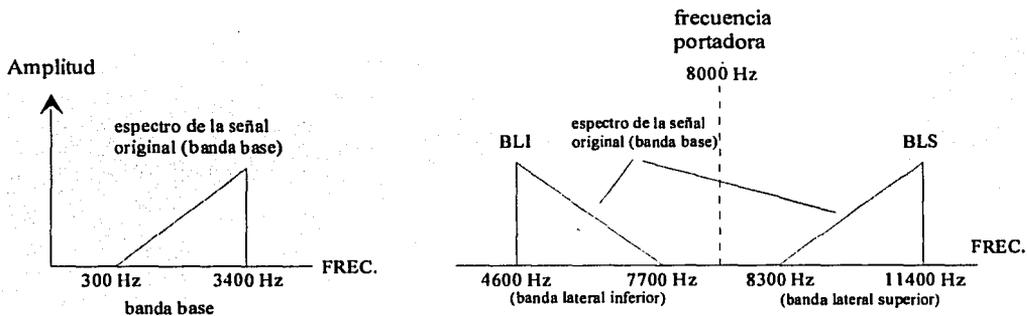


Fig. 1.7. Traslación de frecuencias mediante MDF.

**1.3.4. MULTIPLEXACIÓN POR DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO (TDM).**

El método de transmisión digital es el más común en las telecomunicaciones, dadas sus características de velocidad, bajo costo, funcionalidad y alta calidad en transmisión y recepción de las señales de información.

Un elemento fundamental en el método de multiplexación TDM es el circuito *Temporizador* o de ritmo de reloj (Sincronización), que además de que proporciona el ritmo de secuencias, genera pulsos de muestreo. Es importante hacer notar que el circuito de

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

tiempos se encuentra presente en los lados transmisor y receptor, pero además ambos generadores de pulsos *se encuentran en sincronía* (funcionan a la misma frecuencia de reloj) para eliminar el fenómeno conocido como *Jitter* o deslizamiento de frecuencia, que trae como consecuencia la generación de errores en la señal recibida.

Un diagrama a bloques que muestra el método de multiplexación por división de tiempo y sus partes elementales lo muestra la Fig. 1.8.

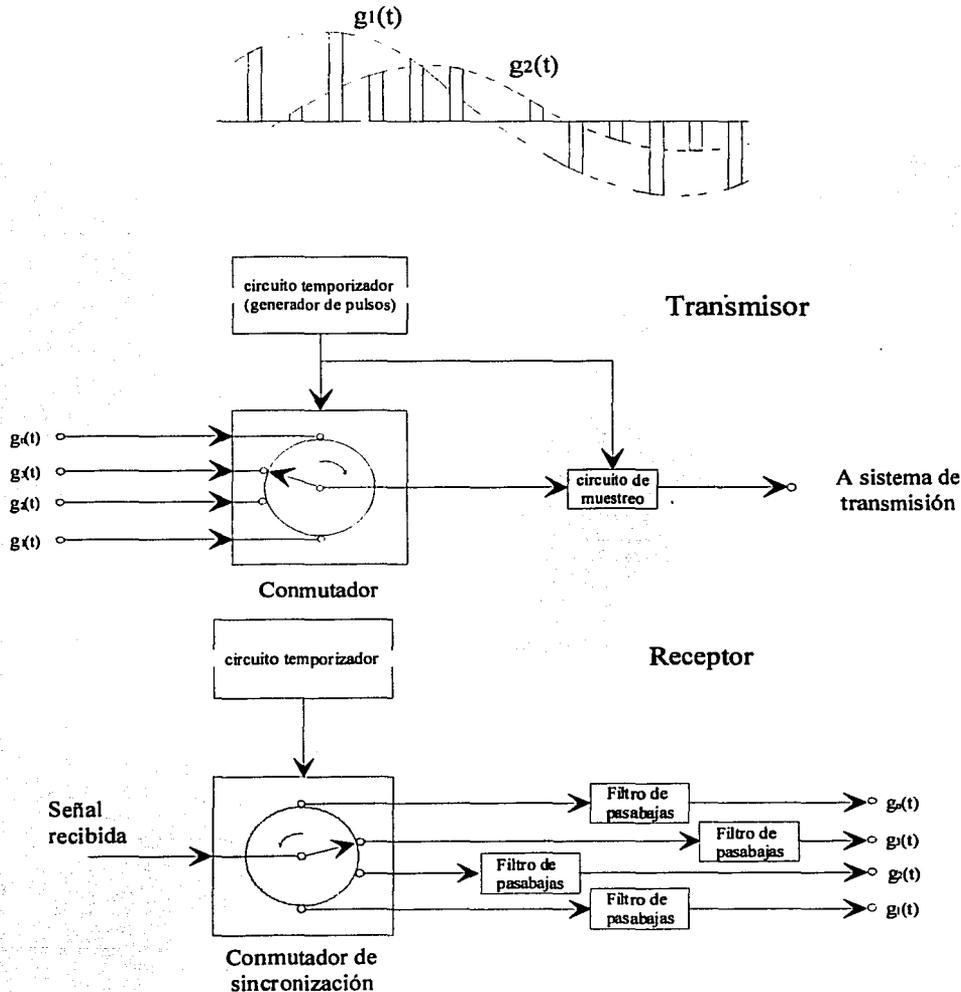


Fig. 1.8. Multiplexación por División de Tiempo para  $n$  canales.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

El acoplamiento entre dos redes de telecomunicaciones, una con codificación y transmisión digital y otra con codificación y transmisión analógica, no es posible sin la intervención de un equipo o interfaz especial conocido como convertidor o *equipo de interoperación*, comúnmente llamados Convertidores de Analógico a Digital (ADC) y Convertidor de Digital a Analógico (DAC). La Fig. 1.9 muestra el acoplamiento entre redes y sus dispositivos de acoplamiento.

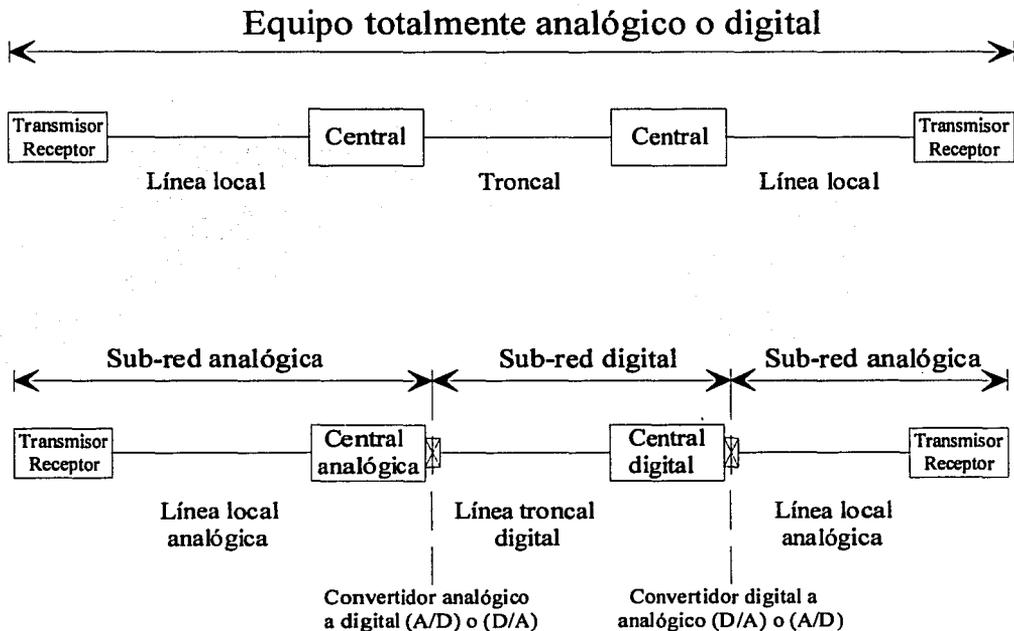


Fig. 1.9. Acoplamiento entre redes analógicas y digitales.

TESIS  
FALLA DE ORIGEN

## ***CAPÍTULO. 2.***

### ***MEDIOS DE TRANSMISIÓN.***

## 2.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

Se comprende como medio de transmisión o canal de comunicación a todo medio físico de enlace entre el transmisor y el receptor que permite e través de sí mismo la conducción del mensaje mediante impulsos eléctricos o luminosos.

Idealmente, una línea de transmisión al no conducir una señal eléctrica de información, presenta un nivel de señal eléctrica cero, sin embargo, en la práctica, si existe un nivel mayor a cero, debido a la presencia de las perturbaciones aleatorias inherentes a la línea conocido como nivel de ruido de la línea. Por lo tanto, una señal de información enviada a través de la línea de transmisión si su amplitud se atenúa, su nivel será comparable a la del ruido, es por eso que la razón señal a ruido (RSR = SNR: Signal to Noise Ratio) es un parámetro importante a considerar en los medios de transmisión, expresada como la razón entre la potencia media de una señal de información recibida (S), y la potencia del nivel de ruido (N) mediante la relación:

$$RSR = 10 \text{ Log}_{10} (S/N) \text{ dB.}$$

Tal expresión indica que la señal de información presenta un nivel de potencia alta respecto al ruido o de buena calidad, si la RSR es alta, en caso contrario, para una RSR baja, implica que la señal de información recibida es de baja calidad.

El mensaje al conducirse por el canal de comunicación, así como al procesarse por el transmisor y el receptor sufre una contaminación o adición de señales indeseables, aleatorias e impredecibles que se conocen con el nombre genérico de ruido. Tales señales son originadas por circunstancias internas o externas al sistema de telecomunicaciones.

El ruido interno o *psofométrico* (ruido blanco o ruido Johnson) en el sistema de telecomunicaciones, es el resultado de los procesos energéticos (térmicos) o movimiento electrónico en los dispositivos y conductores que conforman las partes del sistema, bien sea en forma de voltajes o de corrientes electrónicas originadas por el movimiento de los portadores de carga. De esta manera se puede decir, que a diferencia del ruido externo, no es posible su eliminación, pero con un diseño conveniente de los circuitos y módulos del sistema se puede reducir substancialmente su nivel, a tal grado que la recuperación del mensaje enviado, éste puede reproducirse con una calidad aceptable. Por tal motivo se dice que el ruido es un factor considerable en el proceso de la comunicación.

El ruido externo se debe esencialmente a condiciones externas del sistema, como canales adyacentes de comunicación en la gama de frecuencias, fuentes generadoras de campos electromagnéticos cercanas al sistema como motores y generadores eléctricos, líneas de alta tensión y radiaciones electromagnéticas provenientes del espacio exterior, así como a condiciones climatológicas del espacio atmosférico, entre otras.

Un diseño apropiado de los circuitos constitutivos del sistema de telecomunicaciones en cuestión, puede producir una reducción considerable del ruido externo y hasta es posible su eliminación.

Un canal de comunicación se considera como una especie de "filtro", debido a que al conducir la señal a través de él, altera su forma y magnitud originales, de esta manera se presenta los fenómenos conocidos como atenuación y distorsión, que tiene que ver directamente con la longitud del medio de transmisión; así, para distancias cortas la atenuación y alteración de la señal es mínima, pero a distancias grandes la degradación de la señal es considerable. Concretamente la deformación de la señal inicial se debe básicamente

a los fenómenos de; atenuación, distorsión y el corrimiento de fase de las componentes de frecuencia de la señal.

De manera general, los medios de transmisión son empleados en redes de telecomunicaciones para los modos de transmisión y codificación tanto analógica como digital.

Los medios de transmisión o mecanismos de transporte de las señales eléctricas y ópticas en las redes de telecomunicaciones son los encargados de canalizar las señales de información moduladas desde un punto transmisor hasta un punto receptor (punto a punto) o varios receptores (punto a multipunto), y que pueden estar constituidos por conductores metálicos, el aire, el espacio y la fibra óptica. Por tanto, la variedad de los medios de transmisión es amplia pues va desde los simples cables de cobre trenzado para señales eléctricas, hasta las poderosas fibras ópticas utilizadas para la transmisión de señales ópticas, sin embargo, existe la modalidad de incluir o no en los medios de transporte a los elementos de conmutación, dando origen a lo que se conoce como *circuitos conmutados* y *circuitos dedicados* (circuitos que requieren o no requieren, respectivamente, de los dispositivos de conmutación de la central telefónica para prestar el servicio de comunicación al usuario). Además, un medio de transmisión posee la capacidad de transportar varias señales de información en forma simultánea, bien sea en espacio compartido (FDM) o compartiendo tiempo (TDM) en el proceso de multiplexación.

La Figura 2.1 muestra de manera esquemática un sistema de telecomunicaciones con los diferentes tipos de mensajes, y los diversos tipos de medios de transmisión que se utilizan en la actualidad.

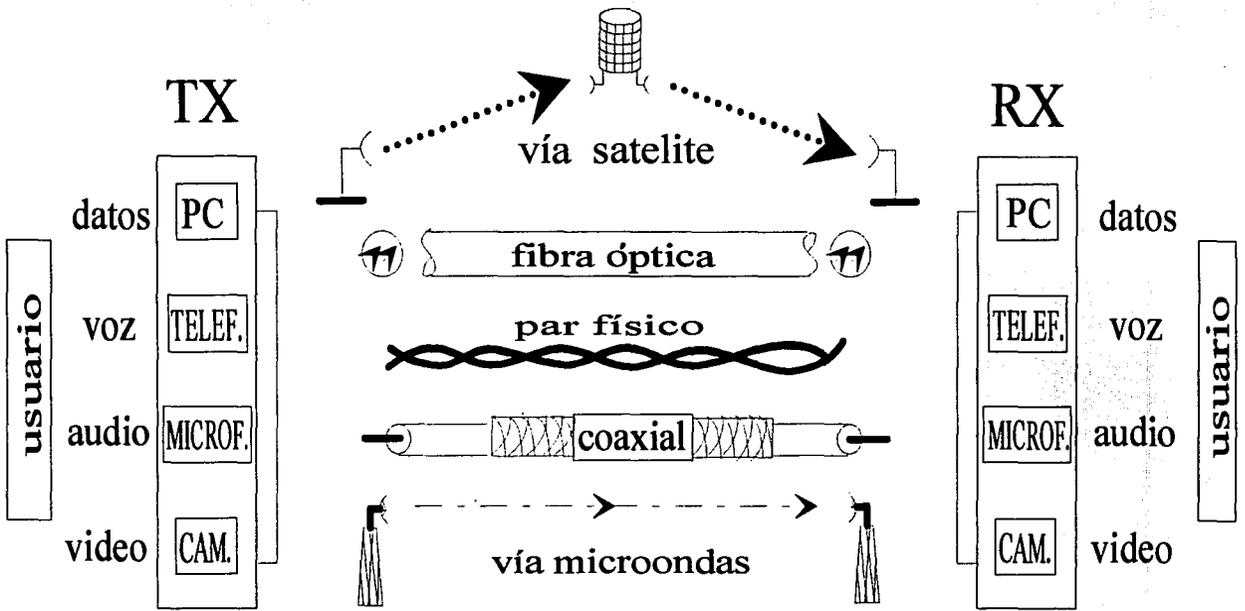


Fig. 2.1. Sistema de telecomunicaciones.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## 2.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

La clasificación de los medios de transmisión se da bajo diversas consideraciones:

- 1.- Por el tipo de enlace.
- 2.- Por el tipo de señal que transporta.
- 3.- Por la frecuencia de operación de las señales que conduce.

Sin embargo, un *Sistema de Transmisión* en particular, puede estar constituido por la combinación de algunos tipos de medios de transmisión.

1.-Un medio de transmisión según el tipo de enlace que posee, se divide en:

- i).- Enlace físico, que esta constituido por medios físicos tales como par de conductores metálicos (cobre o aluminio), cable coaxial, guía de ondas y fibra óptica.
- ii).- Enlace no-físico, que es principalmente el espacio atmosférico (aire) y el espacio vacío.

2.-Los medios de transmisión en su clasificación por el tipo de señal que transportan se presentan en dos modalidades:

- i).- Transporte de señales analógicas y digitales, tales como el par físico, el cable coaxial, ondas de radio y la guía de ondas.
- ii).- Transporte de señales digitales exclusivamente como es el caso de las fibras ópticas.

3.-La clasificación por frecuencias de operación de los medios de transmisión, de las señales que transporta y que se complementan presentan las modalidades de:

- i).- Banda angosta. Voz y datos de baja velocidad (menos de 64 Kb/s).
- ii).- Banda ancha. Voz, datos de alta velocidad y video (igual o mayor de 64 Kb/s).

La Fig. 2.2., muestra el uso de los medios de transmisión de acuerdo a la frecuencia de operación de las señales que transporta y su ubicación en el espectro en frecuencia.

Medios de transmisión	Longitud de onda	Designación	Frecuencia	Aplicaciones
Fibras ópticas	10 <sup>-7</sup> 10 <sup>-6</sup> ( 1 micra)	Ultravioleta	10 <sup>15</sup> 10 <sup>14</sup>	Comunicación óptica
		Luz visible		
		Infrarroja		
Guías de onda, línea visual	1 cm	30-300 GHz extremadamente alta frecuencia	10 <sup>11</sup>	Investigación, radioastronomía, sistema de aterrizaje por radar
Guías de onda, conmutación a línea visual, penetración en la ionosfera por línea visual		3 - 30 GHz Super alta frecuencia	10 <sup>10</sup>	Comunicaciones vía satélite y espaciales, repetición de microonda, radar (operaciones aéreas, vigilancia y estado del tiempo)
Dispersión troposférica, conmutación a línea visual	10 cm	0.3 - 3 GHz Ultra-alta frecuencia (UHF)	10 <sup>9</sup>	TV (UHF), radar de telemetría espacial, comunicaciones militares vía satélite
Cables coaxiales, onda de cielo, (dispersión ionosférica y troposférica)	1 M	30 - 300 MHz Muy alta frecuencia (VHF)	10 <sup>8</sup>	TV (VHF) y FM, transportación terrestre (taxis, autobuses, ferrocarriles), control de tráfico aéreo
Cables coaxiales, reflexión ionosférica (ondas de cielo)	10 M	3 - 30 MHz Alta frecuencia (HF)	10 <sup>7</sup>	Negocios, banda civil y aficionados, comunicaciones militares, radiotelefonía móvil
	100 M	0.3 - 3 MHz Frecuencia media (MF)	10 <sup>6</sup>	Radio difusión de AM, aficionados, unidades móviles, seguridad pública
Pares de alambre, ductos superficiales (onda de tierra)	1 Km	30 - 300 KHZ Baja frecuencia (LF)	10 <sup>5</sup>	Ayudas de navegación, radiofaros, industria (líneas de energía)
	10 Km	3 - 30 KHz Muy baja frecuencia (VLF)	10 <sup>4</sup>	Navegación, telefonía, telegrafía, estándar de tiempo y frecuencia
	100 Km	0.3 - 3 KHz Frecuencia de voz (VF)	10 <sup>3</sup>	Telefonía, terminales de datos
	1000 Km	30 - 300 Hz Extremadamente baja frec. (ELF)	10 <sup>2</sup>	Comunicación submarina por microondas

Fig.2.2. Medios de transmisión, espectro electromagnético y usos.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### 2.2.1. LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE PAR TRENZADO.

La línea de transmisión de conductores metálicos trenzados está conformada por *dos materiales conductores* separados uno del otro a distancia constante para evitar radiación, puede utilizarse en un arreglo simple de un par, o en un grupo de ellos, integrando lo que se conoce como *cable múltiple* o simplemente cable multipar.(Fig. 2.3.).

El cable multipar como medio de transmisión, está constituido por seis o más pares de hilos conductores de cobre o aluminio, formando conjuntos de pares ordenados de acuerdo a un código de colores previamente establecido para la correcta identificación de los mismos, contenidos en tubos envolventes protectores y aislantes para así incrementar la capacidad de la red de telecomunicaciones. En algunos casos el conjunto de pares está rodeado por una envoltura metálica (plomo), pues casi siempre dicho cable se instala en forma subterránea para proteger a los circuitos de interferencias electromagnéticas provenientes del medio exterior, así como de la humedad y de los agentes dañinos. Los cables subterráneos cuentan además con un sistema de gas inyectado a presión para proteger a los pares eléctricos de filtración de agua que ocasiona daños severos a los circuitos electrónicos involucrados. Los cables sin cubierta de plomo se instalan sobre postes de madera a la intemperie.

Los cables multipares son idóneos para la transmisión de corrientes y tensiones bajas, bien sea, en forma sinusoidal o por impulsos eléctricos. La tabla siguiente muestra la disposición de algunos cables multipares disponibles en el proceso de las telecomunicaciones. Tabla 2-I.

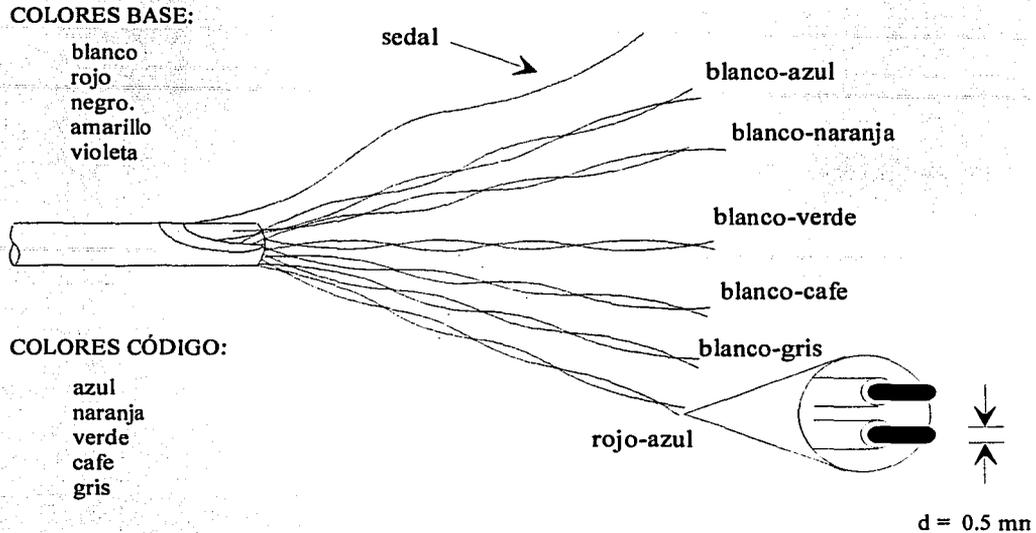


Fig. 2.3. Cable múltiple de 6 pares, sedal y código de colores.

TABLA 2-I.

<b>CABLES MULTIPAR CON CUBIERTA Y AISLAMIENTO PVC (GRIS)</b>
06 X 2 X 0.5 mm = 06 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor
12 X 2 X 0.5 mm = 12 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor
16 X 2 X 0.5 mm = 16 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor
32 X 2 X 0.5 mm = 32 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor
53 X 2 X 0.5 mm = 53 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor
61 X 2 X 0.5 mm = 61 pares con 0.5 mm de diámetro por conductor

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

### 2.2.2. LÍNEA DE TRANSMISIÓN COAXIAL.

Una *línea coaxial* o cable coaxial es un medio de transmisión que está formado por dos conductores concéntricos y un material dieléctrico, facilitando la transmisión de un gran ancho de banda, lo que permite la transmisión y recepción de señales eléctricas a muy alta frecuencia.

La transmisión de señales es del “modo electromagnético” entre las superficies de ambos conductores, por lo que la señal viaja a través del dieléctrico y no a través de los conductores.

A diferencia del par trenzado que es una línea balanceada o simétrica, los cables coaxiales son no balanceados (son desequilibrados) o asimétricos, lo que implica el uso de un transformador de compensación o equilibrador. El blindaje metálico trenzado exterior (malla conductora) se mantiene a un potencial fijo a tierra o de cero volts, mientras que el conductor interior es el hilo “vivo o caliente” (Fig. 2.4.). El blindaje da protección muy efectiva a la línea sobre radiaciones indeseables provenientes del exterior (ruido), aminorando la interferencia electromagnética.

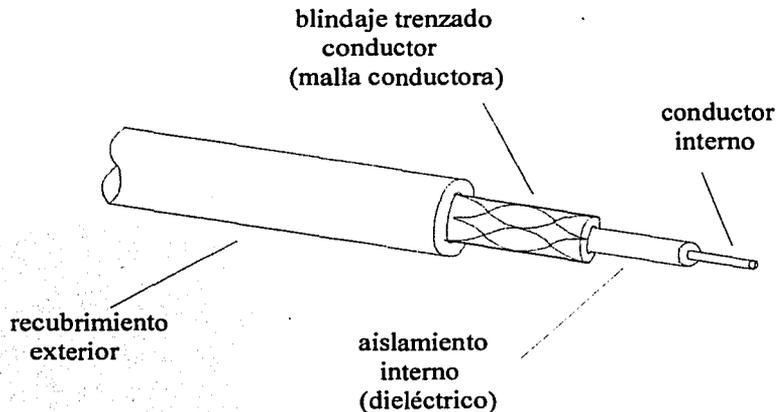


Fig. 2.4. Línea de transmisión coaxial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.2.3. GUÍA DE ONDAS.

Una guía de ondas es una estructura tubular metálica sin conductor interno, capaz de conducir por su interior y propagar a distancia con relativa poca atenuación, las ondas electromagnéticas de muy alta frecuencia (microondas). Este tipo de línea de transmisión presenta comparativamente respecto a los cables coaxiales y par trenzado, las ventajas principales de simplicidad y menor atenuación (a muy altas frecuencias) al reducir las pérdidas ocasionadas por el efecto pelicular o de superficie en los conductores. Por esta razón, las guías de onda normalmente son construidas en cobre, latón, aluminio o bronce y para mejorar la conductividad de sus paredes interiores, estas son recubiertas por una muy fina capa plateada o dorada. En consecuencia, las guías de onda al conducir las señales de muy alta frecuencia, el efecto pelicular hace que las corrientes se localicen en una capa muy delgada de tal manera, que una guía de ondas construida en latón con recubrimiento interno de plata, eléctricamente se comporta como un dispositivo de plata altamente conductor.

Las guías de onda pueden poseer cualquier sección transversal, bien sean rectangular, circular o elíptica, siendo las de sección rectangular las más utilizadas. Existen también secciones de longitud de una guía de ondas en formas curvas o torsionadas tal como lo muestra la Fig. 2.5.

En una guía de ondas las ondas electromagnéticas se propagan por su interior a través del dieléctrico (generalmente aire) mediante reflexiones producidas por las paredes interiores de la estructura.

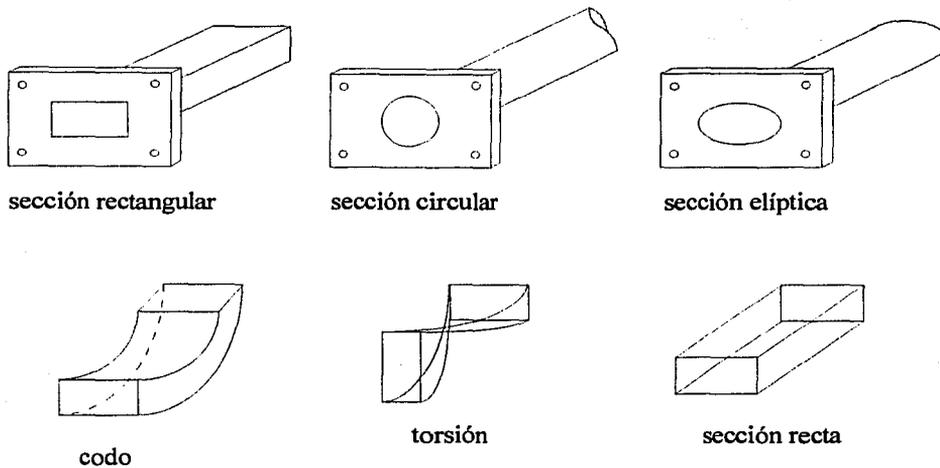


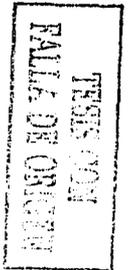
Fig. 2.5. Diferentes secciones de guías de ondas.

#### 2.2.4. FIBRA ÓPTICA.

Se conocen como *Fibras Ópticas* a los conductores especiales capaces de permitir la propagación en su interior de rayos de luz modulados que contienen información, bien sea, voz, video o datos en forma digital.

Para comprender el principio de funcionamiento de las fibras ópticas utilizadas como medios de transmisión, recordemos el fenómeno de reflexión y refracción, auxiliados del arreglo mostrado en la Fig. 2.6.

De esta figura se observa que al incidir un rayo de luz en forma perpendicular sobre una superficie que limita a dos medios diferentes de propagación, se obtiene como resultado, que el rayo óptico simplemente sufre un cambio de velocidad en su propagación, sin ver afectadas su dirección y sentido (Fig. 2.6a.). No obstante, si la dirección del rayo incidente es mayor de cero grados (tomando como referencia al eje normal al plano), ocurre el fenómeno conocido como refracción de un haz luminoso, el cual consiste en el cambio de dirección y velocidad en el segundo medio del haz incidente, según muestra la Fig. 2.6b.



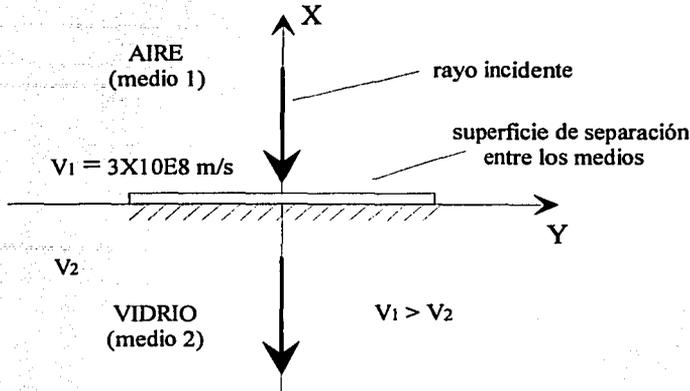


Fig. 2.6a.

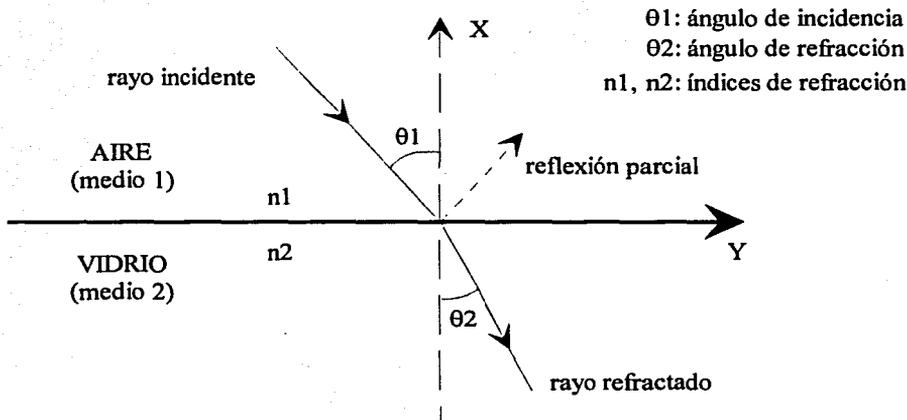


Fig. 2.6b.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 2.6. Fenómeno de reflexión y refracción de un rayo de luz.

A diferencia de los conductores eléctricos que presentan los fenómenos de radiación e interferencia de ondas electromagnéticas, en las fibras ópticas esto no es posible, lo que constituye una importante característica de estas líneas de transmisión.

La fibra óptica es un cuerpo cilíndrico, constituido de un material muy transparente y flexible, el cual posee un elevado índice de refracción con respecto al aire. En la unidad de transmisión se modula un rayo láser para producir impulsos de luz que son enviados a través de la fibra, mientras que en el extremo de recepción, unos fotodiodos especiales realizan la conversión de impulsos luminosos nuevamente a señales eléctricas. (Fig. 2.7).

NA: NUMERIC APERTURE

$$NA = \text{SEN } q = \left\{ \left[ \frac{1}{n_3^2} (n_1^2 E_2 - n_2^2 E_1) \right]^{1/2} \right\}$$

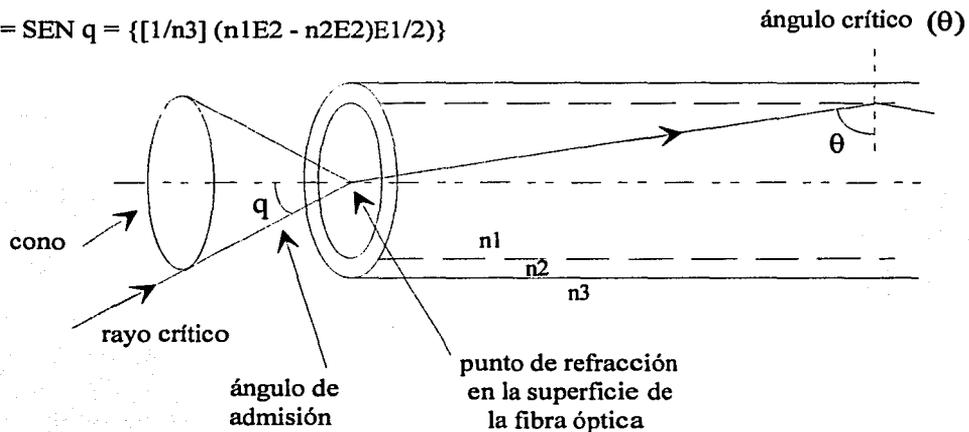


Fig. 2.7. Admisión de un haz luminoso a la entrada de una fibra óptica mostrando el cono y el ángulo de admisión.

Puesto que la fibra óptica no es un cuerpo de caras planas paralelas, sino de superficies cilíndricas, la propagación de los rayos de luz se lleva a cabo mediante refracciones de pequeños segmentos de recta que en su conjunto originan una trayectoria helicoidal.

Básicamente existen dos tipos de problemas en relación al uso de las fibras ópticas:

- 1.- La necesidad de crear un muy buen acoplamiento entre los materiales de alto y bajo índices de refracción (sin imperfecciones en el interior de la fibra óptica) para producir la refracción total de la luz y evitar fugas del rayo para minimizar pérdidas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2.- Liberar de impurezas o contaminación la superficie de la fibra óptica, a fin de evitar que el rayo de luz pueda escapar de ésta posiblemente debido a la proximidad del valor del índice de refracción de la fibra y el índice de refracción de la impureza

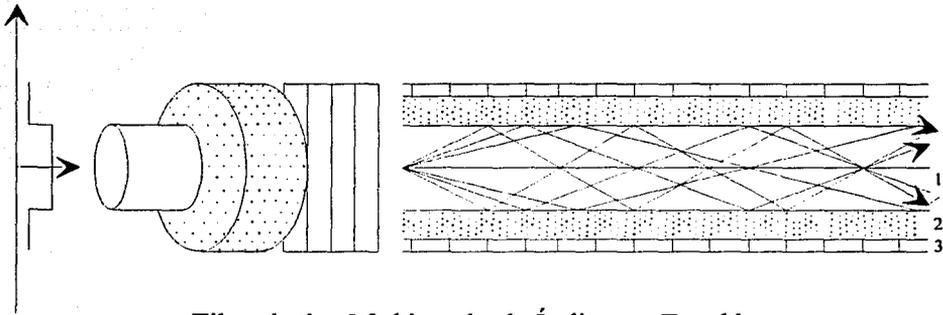
Una característica muy importante de las fibras ópticas es su muy bajo nivel de pérdidas a grandes distancias, lo que las hace muy confiables en la transmisión de señales ópticas entre dos puntos distantes, haciendo innecesaria la inclusión de unidades repetidoras en el trayecto, cosa que esto no sucede cuando se trata de conductores metálicos. Típicamente las pérdidas en las fibras ópticas se hallan comprendidas entre 0.5 y 0.7 dB/Km.

Otra característica no menos importante que la atenuación de una fibra óptica es sin duda, la llamada respuesta espectral, es decir, es la porción del espectro electromagnético en el cual las fibras ópticas pueden operar, y que está comprendido desde el inicio de los rayos infrarrojos (12000 Angstrom) hasta el límite superior de la parte visible (3900 Angst.) aproximadamente. ( 1 Angstrom =  $1 \times 10^{-10}$  mts.).

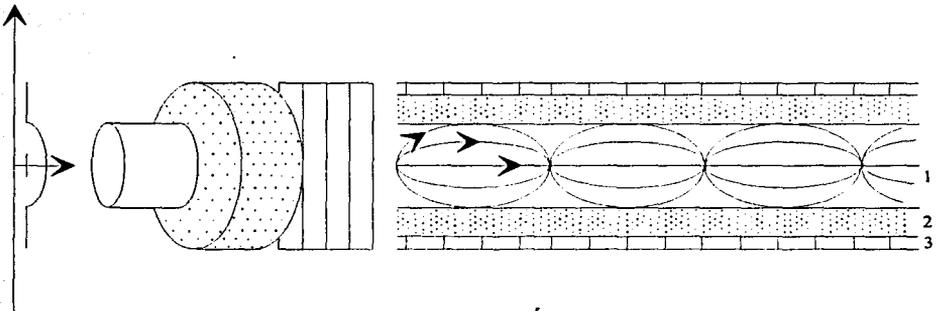
Considerando las aplicaciones y los parámetros característicos, las fibras ópticas se clasifican en dos grupos:

- 1.- Fibras ópticas de alta calidad para uso en largas distancias (telecomunicaciones).
- 2.- Fibras ópticas de baja calidad utilizadas en enlaces para distancias medias y cortas (instrumentación, medicina, etc).

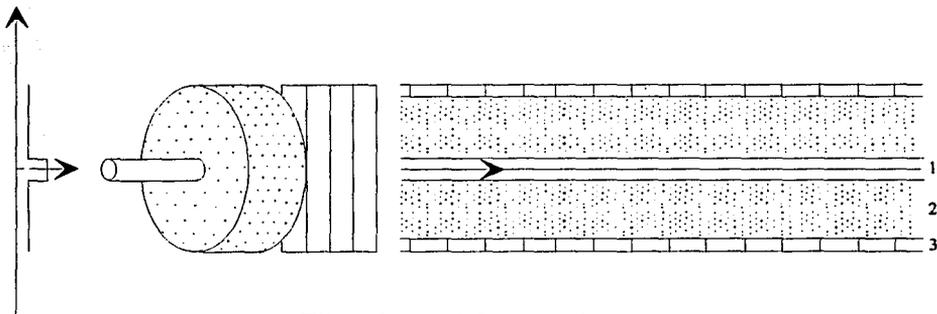
Las fibras ópticas para enlaces de larga distancia poseen como mínimo núcleo de vidrio, provocando bajas pérdidas, no así las de plástico que ocasionan pérdidas altas por kilómetro de longitud. Las fibras de alta calidad comprenden los tipos de *Monomodo* y *Multimodo* (índice gradual o en escalón), mientras que para las fibras ópticas de distancias medias y cortas se encuentran los tipos de *Índice gradual* y *Salto de índice*. (Fig. 2.8.).



Fibra óptica Multimodo de Índice en Escalón.



Fibra óptica Multimodo de Índice Gradual.



Fibra óptica Monomodo.

índice de refracción

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 2.8. Fibras ópticas multimodo y monomodo con sus partes constitutivas: 1.Núcleo, 2.Revestimiento, y 3. Recubrimiento.

## ***CAPÍTULO. 3.***

### ***MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS (PCM).***

### 3.1. PCM COMO MÉTODO DE TRANSMISIÓN.

Los mensajes de un sistema de comunicaciones pueden ser de dos tipos: mensajes digitales y mensajes analógicos. Los mensajes digitales son aquellos que están constituidos por un número finito de símbolos que representan texto o números formados por caracteres alfanuméricos, de aquí que un mensaje digital formado por sólo dos símbolos diferentes es conocido como mensaje digital binario (binario= dos estados), y en general, si existen o se utilizan  $M$  símbolos diferentes es un mensaje digital  $M$ -ario. Ahora bien, los mensajes analógicos son aquellos que contienen datos con valores que fluctúan entre un rango continuo, por ejemplo audio y vídeo, originando un número infinito de valores dentro de ese rango (ver Fig. 1.2 y 1.3).

En la actualidad existen los sistemas de telecomunicaciones digitales y analógicos, pero debido a que en los primeros la señal en la etapa receptora se recibe con un número de errores hasta menos de *un error* por millón de pulsos transmitidos ( puesto que los pulsos se detectan de acuerdo a cierto valor en la amplitud y periodo y no a la forma misma de la

onda recibida como en el caso de los sistemas analógicos ), se dice que los sistemas digitales poseen mayor rapidez y exactitud que los sistemas analógicos con respecto al ruido.

Los mensajes digitales y analógicos convergen en un proceso denominado conversión de señales analógicas a digitales y digitales a analógicas representados como conversión A/D y conversión D/A respectivamente.

El *Teorema de Muestreo*, o *Teorema de Nyquist* afirma que para la transmisión de una señal cualesquiera, esta señal puede reconstruirse a partir de sus muestras, considerando que el mínimo de muestras necesarias tomadas por segundo, sea 2 veces el valor de la frecuencia más alta del espectro de la señal, así, científicamente se establece que la transmisión de una señal analógica o continua en el tiempo, puede realizarse mediante la transmisión únicamente de sus muestras. El análisis de una señal por series de Fourier nos muestra tanto las magnitudes relativas como las componentes en frecuencia de cualesquier señal en el dominio de la frecuencia.

Para la transmisión de una señal analógica por el método de muestreo, es necesario aplicar los procesos de cuantificación, codificación y conversión de códigos, lo que nos lleva a considerar un método de transmisión conocido como Modulación por Pulsos Codificados o PCM ( del inglés Pulse Code Modulation).

La transmisión de señales de información mediante el PCM fue inventada por P.M. Rainey en 1926 y redescubierta por A.H. Reeves en 1939, pero debido al alto costo es su utilización por el tamaño y cantidad de energía que se requería para su funcionamiento con los tubos de vacío, no se desarrollo plenamente, sino hasta principio de los años sesenta con la creación del transistor y fueron los laboratorios Bell los que realizaron el primer enlace de comunicaciones llegando a un desarrollo tal, que actualmente los modernos sistemas de telecomunicaciones se realizan en gran parte mediante la Modulación de Pulsos Codificados.

El PCM puede definirse como un método de conversión de información analógica a una forma digital. Este es un sistema de comunicación ya sea para señal de audio, datos y vídeo. Su principal característica es la de poder multiplexar varias señales en tiempo compartido, además de poder transmitir y recibir a grandes velocidades con un grado mínimo de error.

Las principales etapas que lo conforman son el *filtrado, muestreo, cuantificación, codificación, multiplexación, conversión de código y conversión de señal binaria a bipolar para su transmisión*, pero en el lado de recepción, el proceso es inverso. (Fig. 3.1).

Las razones por las que se transmite por PCM son las siguientes:

1.- La calidad de transmisión es casi independiente de la distancia, una característica de una señal digital es su inmunidad a la interferencia electromagnética, la señal digital puede ser regenerada en puntos intermedios a través de una línea de transmisión sin pérdida de calidad.

2.- Multiplexaje por División de Tiempo (TDM), lo que permite este principio el incremento de canales utilizando un mismo par de cables.

3.- Economía por enlaces fiables.

4.- Economía en combinación de la red digital. La introducción de redes digitales reducirá paulatinamente el costo, hasta que la red sea totalmente digital y evitarse el costo de la conversión analógica a digital.

5.- Tecnología.

6.- Integración de servicios. Como un medio digital, un enlace PCM no transmite únicamente voz, sino también datos, códigos de información visual, etc.

7.- Nueva medida de transmisión. La transmisión de un ancho de banda cualesquiera a través de una guía de ondas y fibras ópticas es más confiable en forma digital que de manera analógica.

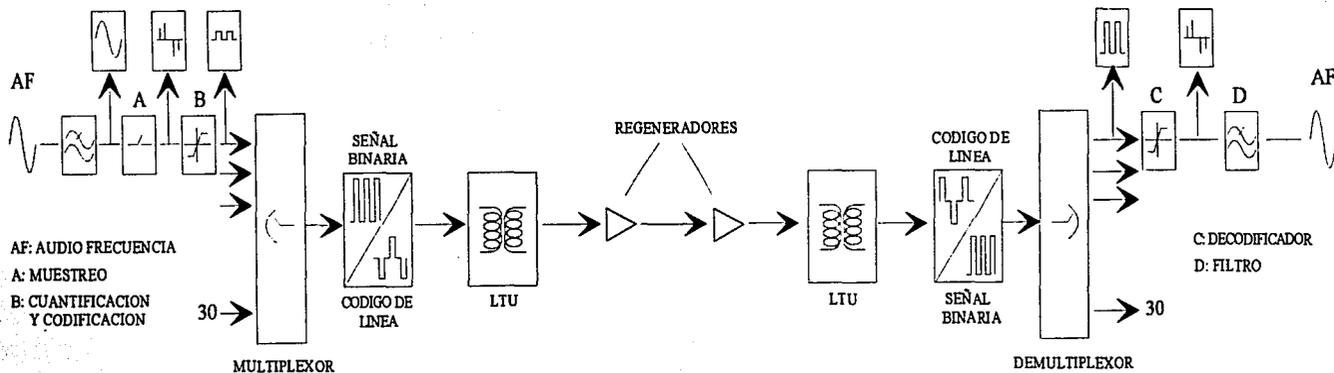


Fig. 3.1. Diagrama a bloques de un sistema completo de PCM.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

### 3.2. ETAPA DE FILTRADO.

El proceso de la modulación por pulsos codificados se inicia con la etapa del *filtrado* de la señal por canal telefónico, para garantizar que la señal de banda base quede comprendida dentro del ancho de banda de 300 a 3400 Hz que corresponde al espectro en frecuencia de la voz humana.

El equipo múltiplex PCM convierte 30 canales de audio empleando Multiplexaje por División de Tiempo (TDM), en una señal digital de 2.048 Mb/s y viceversa, de acuerdo a las recomendaciones del ITU-T G.703, G.711, G.712 y G.732 utilizando la ley A de codificación .

La Fig. 3.2., muestra el diagrama a bloques de la etapa inicial del proceso de multiplexación, en donde la sección de entrada corresponde al filtrado de la señal analógica, los filtros son del tipo LC activos que poseen baja disipación de potencia y ruido reducido, seguido de las secciones de muestreo, atenuación y codificación (Fig. 3.4).

La sección 1 de la Fig. 3.2., comprende la etapa de filtrado de los canales de entrada de audio, que en su parte inicial presenta el transformador de acoplamiento de impedancia de entrada, seguido por el filtro de paso-altas, que es del tipo RC activo que atenúa la alternancia de red de 50 o 60 Hz y su primera armónica, el nivel de la señal de salida se adapta gracias al atenuador variable hacia la entrada del multiplexor de la sección 2, se amplifica y se filtra en un filtro de paso-bajas, que es del tipo LC activo.

El mux PCM puede equiparse con unidades convertidoras de canal de 2 a 4 hilos según necesidades. La unidad convertidora de canal a 4 hilos posee una impedancia de entrada y salida de 600  $\Omega$  balanceados y se adapta a niveles de entrada de -14 a +1 dBr, y niveles de salida de -11 a +4 dBr, realizando este ajuste mediante el circuito atenuador variable. Ahora bien, la unidad convertidora de canal a 2 hilos, su entrada y salida puede ajustarse a impedancias de 600 ó 900  $\Omega$  balanceados y su nivel de entrada es de 0 dBr, pero su salida puede ajustarse a 0 dBr ó -2 dBr.

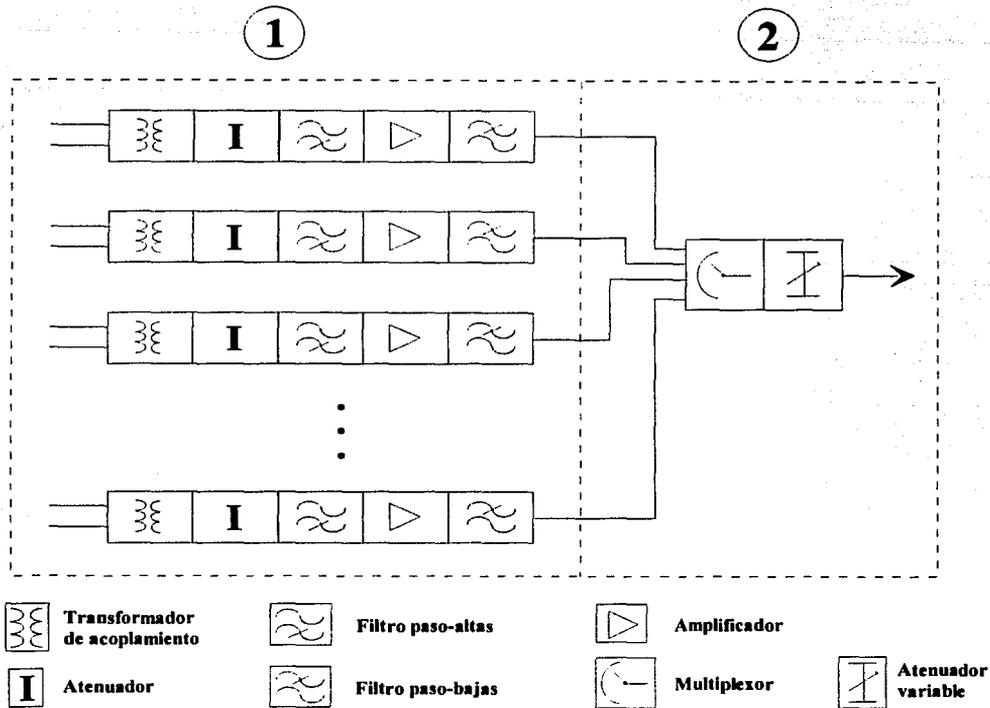


Fig. 3.2. Diagrama a bloques de la etapa de filtrado.

### 3.3. MUESTREO.

El proceso de escoger la medición de los puntos en la curva de la señal analógica de información (voz, por ejemplo) es llamado *muestreo*, el cual tiene por objeto representar a la señal de información mediante tomas a intervalos regulares de tiempo, significa que, el muestreo es el proceso efectuado para representar una señal continua en el tiempo, limitada en banda, por una señal de muestras sin perder información. Este proceso conocido como multiplicación de frecuencias se realiza mediante la multiplicación de la señal analógica de información (tipo senoidal) con una serie de impulsos de frecuencia y amplitud constantes (Fig. 3.3). De esta figura puede observarse que la señal muestreada es un tren de pulsos

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

cuya envolvente es la señal original de información, constituyendo así, una señal digital modulada en amplitud de pulsos (PAM).

La frecuencia de muestreo ( $f_s$ ) debe ser por lo menos el doble de la máxima frecuencia constitutiva de la señal de información para permitir su reconstrucción mediante filtrado en el lado receptor.

Este proceso se lleva a cabo aplicando el Teorema del muestreo y es la base para la comunicación digital. La frecuencia mínima de muestreo (velocidad de muestreo) es llamada velocidad de Nyquist.

Ya que los filtros paso-bajas en la práctica no son ideales y no tienen un corte abrupto, la velocidad de muestreo necesaria en un sistema práctico es mayor que la velocidad de Nyquist.

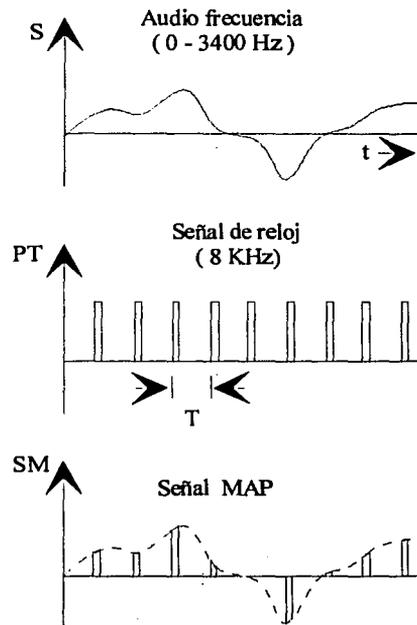
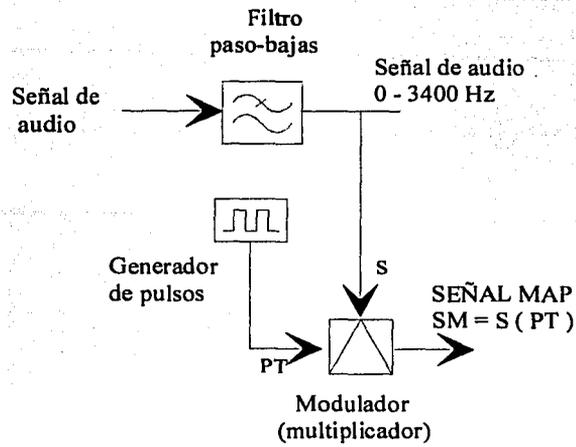
En telefonía, la parte del espectro de habla se usa entre 300 y 3400 Hz (3.4 KHz), por lo que según el Teorema de muestreo, la frecuencia de muestreo será de:

$$f_s = 2 \times 3400 = 6800 \text{ Hz} \quad (6.8 \text{ KHz})$$

Pero debido a que no se encuentran filtros ideales, se ha establecido una frecuencia de muestreo de 8000 Hz (8 KHz), por lo tanto, el ancho de banda de transmisión requerida por cada señal de entrada es un parámetro importante de cualquier sistema de telecomunicación. Otro de los parámetros importantes es la cantidad de bits que pueden ser transmitidos en un segundo (Kb/s, Mb/s, Gb/s). Existen otros parámetros no menos importantes como la cantidad de errores por segundo que se transmiten o se pueden detectar en un sistema de telecomunicaciones que consiste esencialmente en cuantas veces se recibe un "1" incorrectamente en lugar de un "0" y viceversa, así como también el ancho del pulso de la muestra es importante en el proceso de la reconstrucción de la señal de información.

Si la frecuencia de muestreo convencional es de:

$$f_s = 2 (4000 \text{ Hz}) = 8000 \text{ Hz (ciclos/seg.)}$$



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 3.3. Proceso de muestreo en la modulación por pulsos codificados.

equivale a que cada muestra tenga una duración de:

$$T = 1 / f_s = 1/8000 \text{ c/s} = 125 \text{ E}^{-6} \text{ seg./ciclo} = 125 \text{ microseg./ciclo.}$$

de esta manera, en los intervalos de tiempo donde no exista ninguna señal, será posible la inserción de señales digitales con modulación de amplitud de pulsos (PAM) de otros canales telefónicos. Por tal motivo, es necesario que tanto el lado transmisor como el lado receptor deben permanecer *sincronizados*.

### 3.4. CUANTIFICACIÓN.

En el proceso de muestreo se convierte una señal continua en una señal discreta en el tiempo, pero para poder transmitir señales en forma digital es necesario que también esas señales sean discretas en amplitud. (*Nota: Las Figs. 3.4 y 3.5 muestran valores en las gráficas, únicamente de carácter ilustrativo*).

Al proceso de comparar el valor de las muestras resultantes con un número finito de valores contenidos en una escala de referencia, asignando el valor correspondiente al muestreo se denomina *cuantificación*.

A cada valor de amplitud le corresponde un valor discreto, los valores contenidos dentro de la escala son llamados niveles cuánticos y se localizan dentro de dos límites, uno superior y otro inferior, sin embargo, como cada una de las muestras son representadas por un número binario, es necesario aproximar cada una de estas muestras a valores bien definidos (Fig. 3.4). Al efectuar la aproximación se produce un error que se refleja como ruido y que se conoce como ruido de cuantificación.

Los experimentos realizados en laboratorio en torno a la digitalización de la voz humana demostraron que con 250 diferentes niveles, es suficiente para la cuantificación de un canal telefónico, y como se utiliza un sistema binario, entonces, si  $M$  representa el número de niveles diferentes,  $n$  es el número de bits necesarios para codificar una señal y 2 son el número de bits diferentes a emplear, entonces;

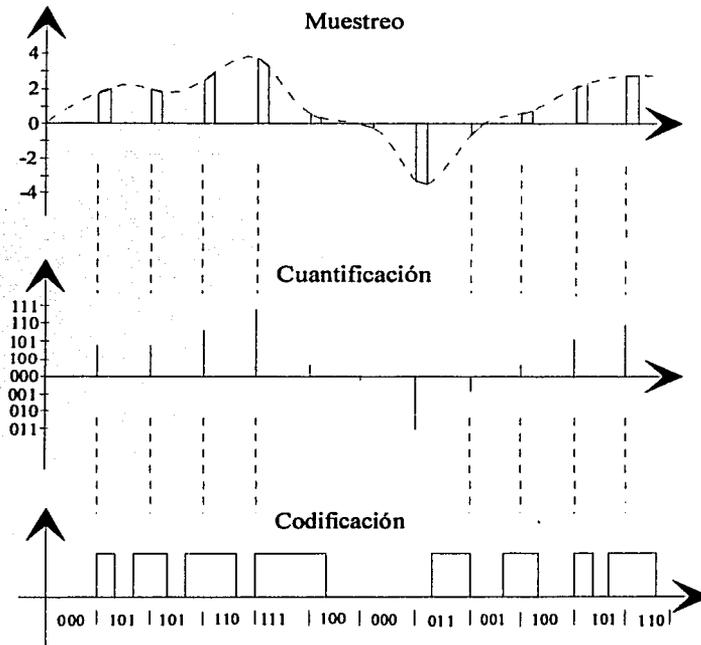
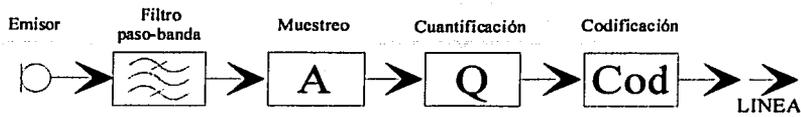


Fig.3.4. Proceso de cuantificación y codificación en el lado transmisión.

$$M = 2^n, \quad 2^8 = 256 \text{ niveles}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

lo que implica que cada muestra se puede cuantificar con solo 8 bits, así, cada carácter se puede representar con tan solo 8 bits.

No obstante, existe un detalle importante a considerar, y es que no es conveniente que todos los niveles de cuantificación posean el mismo tamaño de amplitud, debido a que se

presentan algunas muestras PAM de reducida amplitud, trayendo como consecuencia que las muestras con amplitud pequeñas se pierdan al aproximar por cuantificación a cero su amplitud, aumentando con ello el error de cuantificación.

Para contrarrestar este inconveniente, se aplica una cuantificación *no lineal*, que consiste en que a las muestras de amplitudes pequeñas se les compara con niveles pequeños y a las muestras de amplitudes grandes la comparación es con niveles grandes. A este tipo de cuantificación se le conoce como *Ley de Compansión*, que es una palabra compuesta por los términos de *compresión* y *expansión*. Así de esta manera se presenta el fenómeno de compresión de la señal en el lado transmisor y de expansión en el lado receptor. Esto trae como consecuencia la creación de las dos principales leyes de Compansión, la *Ley Mu Americana* o de 15 segmentos, y la *Ley A Europea* o de 13 segmentos. En México se emplea la Ley A o de 13 segmentos.

La ley A empleada en nuestro País, comprende 13 segmentos divididos en dos secciones: la parte inferior corresponde a las muestras con valores de polaridad negativas y la parte superior es para las muestras con polaridad positiva. Con excepción del segmento 7 que comprende 64 niveles (compuesto por cuatro niveles compactados) los restantes segmentos poseen 16 niveles cada uno, conteniendo en su totalidad los 256 niveles de cuantificación que se habían obtenido líneas anteriores (Fig. 3.5).

### 3.5. CODIFICACIÓN.

El proceso de *codificación* consiste en asignar un código binario (cada caracter o palabra compuesto por 8 bits) a cada muestra PAM obtenida en el proceso de muestreo de acuerdo al valor que le corresponda de los 256 niveles de cuantificación que más se halla aproximado a la muestra en cuestión. De esta manera una muestra PAM cuantizada (Fig. 3.4) cualesquiera puede estar representada por ejemplo por la siguiente palabra digital:

$$B = 11011100$$

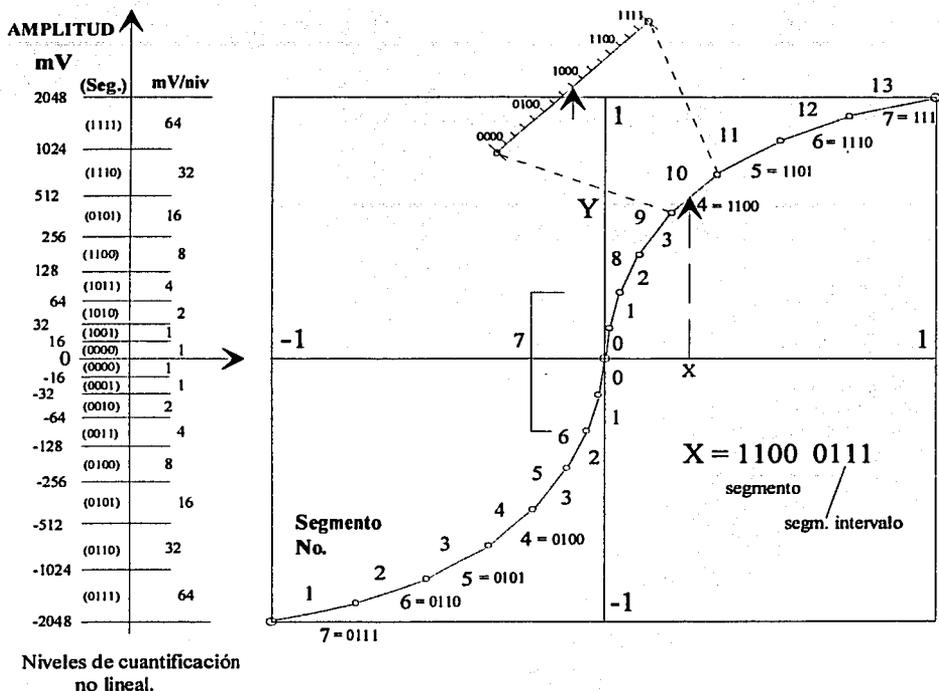


Fig. 3.5. Ley "A" europea o de 13 segmentos.

donde (de izquierda a derecha):

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El *primer* bit corresponde a la polaridad de la muestra. El valor *1* significa muestra *positiva*, y el valor *0* es una muestra *negativa*. Esta muestra es por lo tanto, positiva (*1*).

Los *tres bits* siguientes identifican al segmento o subsegmento que contiene la muestra, en este caso se refiere al segmento cinco (*101*).

Los últimos *cuatro bits* muestran el nivel relativo en que se localiza la muestra y que puede ser en cualesquiera de los 16 niveles (0000. . . 1111) que constituyen el segmento, así, la muestra en cuestión se localiza en el nivel 13 (*1100*).

### 3.6. LA TRAMA DE PCM.

Un sistema PCM además de contener las señales de canales de información, comprende también palabras digitales conocidas como *palabras de sincronía y alarmas*, construyendo estructuras según las recomendaciones comprendidas en la norma americana o europea. De esta forma, surge un arreglo de caracteres conocido como *trama de PCM*, que es un *conjunto de bits* (dígitos binarios) consecuencia de haber completado un ciclo de muestreo, cuantificación y codificación de todos los  $N$  canales de información, o conjunto de 32 ranuras de tiempo ( $TS$ ) consecutivos (espacio comprendido entre muestra y muestra de un mismo canal).

El PCM es un método de transmisión que corresponde al TDM, lo que implica el *uso del tiempo*, de esta manera, una trama se encuentra dividida por *espacios o intervalos de tiempo (Time Slots)*, donde cada uno *contiene algún tipo de información*, bien sea, información para *sincronizar las unidades transmisora y receptora*, mediante la palabra de *alineamiento de trama o multitrama*, como *bits de alarmas*. Los bits de señalización, alarmas y de alineamiento pueden ubicarse en diferentes espacios de la trama, atendiendo a las recomendaciones de la norma Americana o Europea empleada.

La norma Europea establece la multiplexación de *30 canales de información*, adicionando *dos canales de servicio*, así como cada muestra obtenida se deberá codificar con 8 bits, y la frecuencia de muestreo debe ser de 8 KHz, por tanto, el periodo de cada trama comprende:

$$T = 1 / (8000 \text{ Ciclos / seg.}) = 125 \text{ microsegundos / ciclo}$$

y cada trama esta constituida por 32 espacios de tiempo ( $ts$ ), implica que cada intervalo posee un periodo de:

$$T = (125 \text{ microseg / ciclo}) / (32 \text{ ts / ciclo}) = 3.9 \text{ microseg / ts}$$

y como cada intervalo de tiempo lo constituyen 8 bits:

$$T = (3.9 \text{ microseg} / \text{ts}) / (8 \text{ bits} / \text{ts}) = 0.4881 \text{ microseg} / \text{bit}.$$

así, cada bit presenta una duración de 0.4881 microsegundos.

En consecuencia, la velocidad de transmisión esta dada por:

$$V = (8000 \text{ Ciclos} / \text{seg}) (32 \text{ ts} / \text{ciclo}) (8 \text{ bits} / \text{ts}) = 2.048 \text{ Mbits} / \text{seg}.$$

que es equivalente a obtener el inverso del periodo de un bit:

$$V = 1 / (0.4881 \text{ microseg} / \text{bit}) = 2.048 \text{ Mbits} / \text{seg}.$$

De esta manera, cada trama estructurada de igual forma contiene una muestra de cada canal, por lo que, el TS-1 de información con 8 bits del primer canal tributario, el TS-2 también con 8 bits el canal 2 tributario, y así sucesivamente, hasta el TS-31 que corresponde al canal tributario 30. Al TS-0 se le conoce como *palabra de sincronía*, y el TS-16 se emplea para la *señalización* (información) (Fig. 3.6).

### 3.7. LA MULTITRAMA PCM.

Existe un arreglo mayor de tramas conocido genéricamente como *Multitrama*, que es en realidad un conjunto de 16 tramas (Frames) identificadas del 0 al 15 ( $F_{R0}, \dots, F_{R15}$ ) que representa un ciclo completo en donde se encuentra contenida toda la información necesaria acerca de los 30 canales de audio, palabras de sincronía de trama y multitrama, alarmas y señalización (Fig. 3.7).

Dada la extensión de la multitrama, sus 16 tramas comprenden una duración de 2 milisegundos (16 X 125 microsegundos) clasificadas en dos modalidades: *trama con numeración par* (0, 2, . . . 14), y *trama con numeración impar* (1, 3, . . . 15). Esta clasificación conlleva a dos conceptos importantes: *La sincronía de trama* (alineamiento de

## ESTRUCTURA DE UNA TRAMA DE PCM

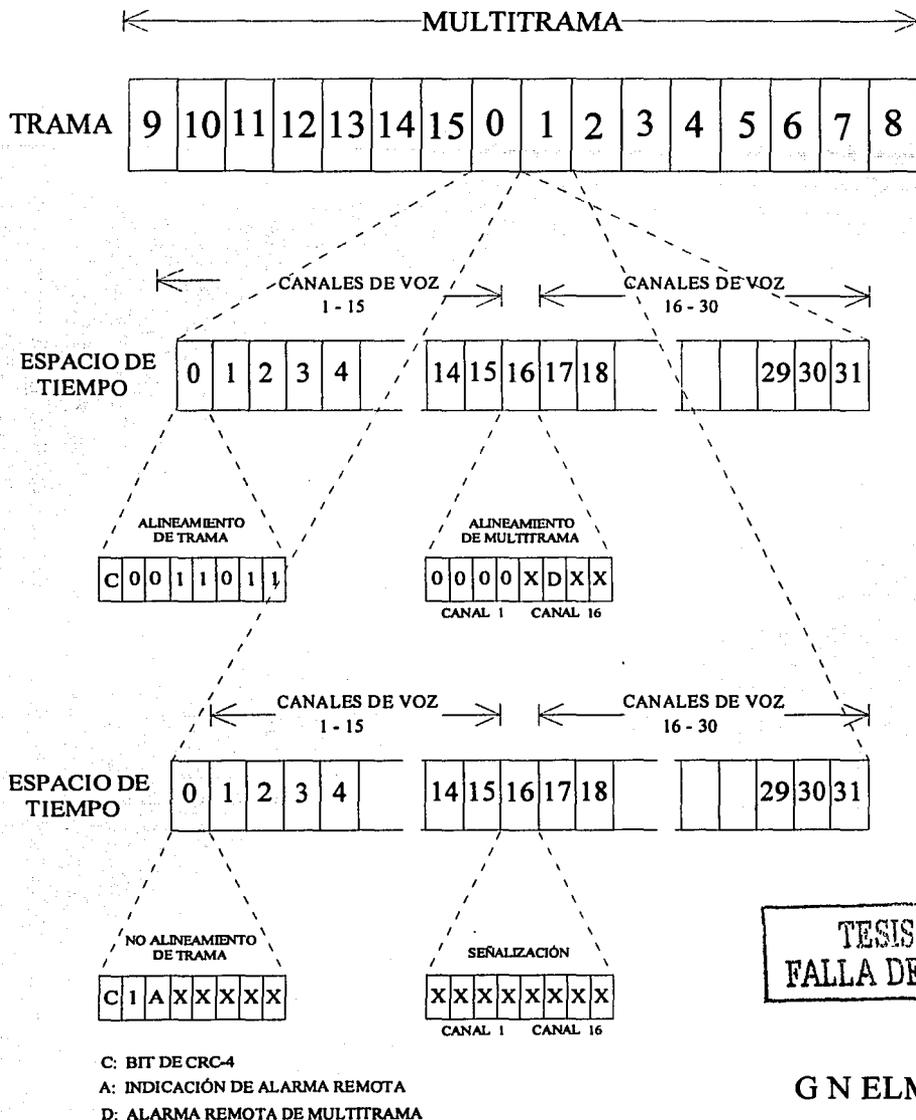


Fig. 3.6. Estructura de la trama de PCM.

*trama) y la señalización.*

La palabra de alineamiento de trama (Frame) se localiza en los  $TS_0$  de todas la tramas pares, mientras que la palabra de *no sincronía (palabra de alarmas)* se encuentra en las tramas impares en el  $TS_0$ . La palabra de sincronía también comprende un caracter de 8 bits con la siguiente asignación:

*X 0 0 1 1 0 1 1*

donde  $x$  = bit de uso internacional de indicación convencional para cruce de frontera (en México  $X = 1$ ). Los bits del 2 al 8 representan el patrón de sincronía, así la palabra de sincronía completa es *1 0 0 1 1 0 1 1*.

Para el caso de la palabra de alarmas: *X 1 A Y Y Y Y Y*

$Y$  = bit de servicio (en México  $Y = 1$ )

$A$  = indica alarma remota por pérdida de sincronía de trama, así la palabra de alarmas (no sincronía) queda:

Sistema normal: *1 1 0 1 1 1 1 1*

Sistema con falla remota: *1 1 1 1 1 1 1 1*.

Existe también la palabra de sincronía de multitrama (palabra de alineamiento de multitrama - MFAS) que se transmite únicamente en el  $TS 16$  de la trama 0, y que está representada por:

*0 0 0 0 X A X X*

donde: 0000 = palabra de sincronía.

$X$  = bit de servicio.

A = bit de alarma de multitrama, para A=0 el sistema se encuentra en estado normal o de buen funcionamiento, pero si A=1 el sistema presenta alarma por falla remota de multitrama.

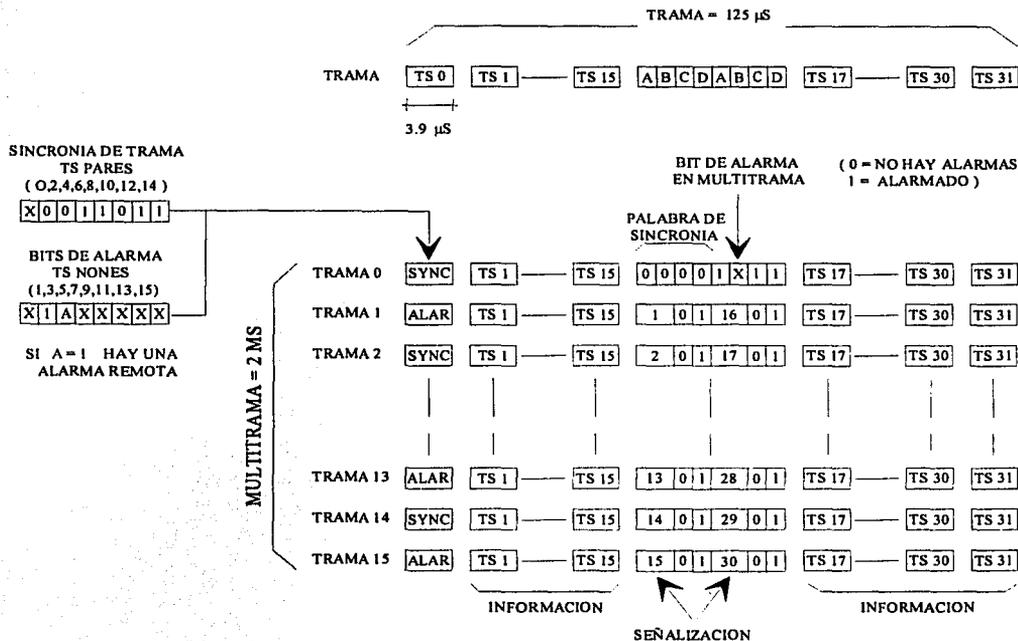


Fig. 3.7. Estructura de la multitrama de PCM.

3.8. SEÑALIZACIÓN PCM.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Un sistema de PCM además de transmitir los canales de audio, las palabras de sincronía y alarmas, contiene información acerca del control y supervisión de los canales telefónicos involucrados, a esta información se conoce como *señalización*. La señalización por canal asociado (existe también señalización por canal común) consiste en una palabra digital de 4 bits (a,b,c,d), y como el TS posee 8 bits, los 4 primeros bits corresponden a la señalización

de los primeros canales (del 1 al 15), y los 4 bits siguientes son para la señalización de los canales restantes (del 16 al 30), sin embargo, en los 4 bits de señalización los bits  $c = 0$  y  $d = 1$  permanecen fijos variando solo los bits  $a$  y  $b$ . La señalización se encuentra en el TS 16 de las tramas 1 a 15 que conforman la multitrama de 2 milisegundos de duración. Por lo tanto, la señalización proporciona información acerca del estado en que se encuentra cada canal de audio de acuerdo a la relación de la Tabla 3-I.

**TABLA 3-I. ESTADOS DE SEÑALIZACIÓN**

	ESTADO	af	bf	ab	bb
	LIBRE	1	0	1	0
	TOMA	0	0	1	0
	RECONOCIMIENTO DE TOMA	0	0	1	1
	CONTESTACIÓN	0	0	0	1
	LIBERACIÓN HACIA ATRÁS	0	0	1	1
	LIBERACIÓN HACIA ADELANTE	1	0	0 ó 1	1
	LIBERACIÓN DE GUARDIA	1	0	1	0
FIJOS	BLOQUEO O ROTO	1	0	1	1
	RETENCIÓN	0	0	1	0

### 3.9. CÓDIGOS.

TRIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La señal de PCM hasta ahora obtenida, consiste en un tren de pulsos digitales producto de la conjunción de señales de audio o datos, e información y supervisión de los mismos (sincronía y señalización), sin embargo, es necesaria la adaptación de la misma al medio de transmisión para su envío al extremo distante. De acuerdo al medio de transmisión utilizado (cable, ondas de radio o fibra óptica), la señal PCM debe de cumplir algunas condiciones para que la información a transmitir permanezca inalterada.

La mejor manera de *adaptar* la señal de PCM al medio de *transmisión* o *transporte*, sin duda lo constituye el proceso que se conoce como *codificación*, que consiste en dar un

tratamiento a la señal PCM de tal forma que se tenga un control de ella mediante el empleo de símbolos y reglas (*códigos*) que permitan a los circuitos y sistemas de transmisión y recepción procesar con un mínimo de error la señal de PCM. Los códigos, por lo tanto, permiten proporcionar un tratamiento seguro y confiable a las señales de información. Los circuitos responsables de ejecutar la transformación de un código a otro se les llama *convertidores de código*. Los códigos permiten la facilidad de almacenamiento, recuperación, transmisión y recepción de los datos de una manera confiable, que de acuerdo a su aplicación se clasifican en dos categorías:

i).- *Códigos internos*. Son los utilizados en los dispositivos de almacenamiento y procesamiento de las señales de información.

ii).- *Códigos de línea*. Son aquellos códigos empleados propiamente en los circuitos de salida y entrada de las líneas de transmisión.

A los códigos internos se les conoce con este nombre, debido a que son los códigos que no salen del sistema, utilizados en el procesamiento interno de la señal PCM para el almacenamiento de la señal de información en los dispositivos de memoria, así como para la desintegración de las largas cadenas de ceros y unos que pudieran constituir las señales PCM, y como son *códigos unipolares*, presentan grandes componentes de corriente directa (CD), cuestión que provocaría grandes problemas en circuitos regeneradores si se optara por transmitir la señal PCM en grandes distancias. Como ejemplo de estos códigos tenemos:

a).- *NRZ (Non Return Zero)*. Código de No Retorno a Cero, es unipolar al 100%, pues la duración de cada bit ocupa el total del periodo.

b).- *RZ (Return to Zero)*. Código de Retorno a Cero, siendo unipolar al 50% debido a que el ciclo de trabajo de cada bit se reduce a la mitad.

c).- *ADI* (Alternate Digit Inversion). Código de Inversión de Dígitos Alternados, se caracteriza por describir un patrón conocido como PINININI, en donde el primer dígito de la palabra PCM (8 bits) se conserva su polaridad (P), el siguiente bit se debe invertir su estado (I), el bit que sigue se mantiene normal (N), el siguiente bit se invierte(I), y así sucesivamente hasta completar los 8 bits constitutivos. Este código tiene la finalidad de desintegrar las grandes cadenas de ceros y unos dañinos para los circuitos de recepción.

Los códigos de línea tienen como objetivo primordial, facilitar la transportación de la señal PCM, por conducto de las líneas de transmisión y los circuitos regeneradores de línea (si se requieren) hacia el lado distante de recepción, con la mayor transparencia posible, además tienen la capacidad de facilitar la extracción de la *señal de reloj de sincronía* en el sistema de recepción para la *sincronización* con el lado transmisor. Los códigos de línea más importantes por su empleo en las Telecomunicaciones son:

a).- *AMI* (Alternate Mark Inversion). Es el código con Inversión de Marcas Alternadas que, presenta una señal bipolar con un ciclo de trabajo del 50% en los bits de valor alto de manera alternada, con tres niveles distintos (1, 0 y -1). Este código presenta una similitud al código RZ, con la variante de que la polaridad de los 1's se alternará con la finalidad de eliminar la componente de corriente continua y aunque no tiene la facilidad de eliminar las cadenas grandes de ceros, sí da posibilidad de extracción de la frecuencia de reloj.

b).- *HDB<sub>3</sub>* (High Density Bipolar). Código Bipolar de Alta Densidad que permite como máximo la transmisión de 3 ceros consecutivos, con una señal bipolar con ciclo de trabajo de cada bit al 50% del periodo, con valores 1's alternados representados a 3 niveles.

El código HDB<sub>3</sub> es muy similar al código AMI, con la marcada diferencia que no se permiten cadenas de más de 3 ceros consecutivos en la señal de línea, puesto que a la presencia del 4º cero, se insertan los conocidos pulsos de violación y marcas de acuerdo a las reglas siguientes:

1.- Un pulso de violación ( $V$ ) como si fuera un  $1$ , es insertado en el tren de pulsos de salida una vez que se ha detectado más de 3 ceros en la señal original, donde el primer bit de violación se coloca en la posición del 4º cero y posee la polaridad igual al pulso de información próximo anterior. Los pulsos de violación siguientes que se generen presentarán polaridad alterna entre sí.

2.- Un bit extra llamado de marcas ( $M$ ), se inserta en la posición del primer cero siguiente del tren de información, con polaridad contraria al último bit de violación, cuando el bit de violación insertado no rompe la alternancia de la señal original.

3.- Si en la aplicación de la regla 2, se tiene que el siguiente bit de información posee la misma polaridad que los bits de violación y marca, entonces, dicho bit de información invertirá su valor de tal manera de no provocar la situación de que existan 3 unos consecutivos con la misma polaridad.

El código de línea utilizado con mayor frecuencia en los equipos de Telecomunicaciones es el código HDB<sub>3</sub> por su alta eficiencia en la transmisión de señales de información y su facilidad de extracción de la señal de reloj de sincronía. La Fig. 3.8. muestra una comparación entre los códigos más utilizados en la actualidad.

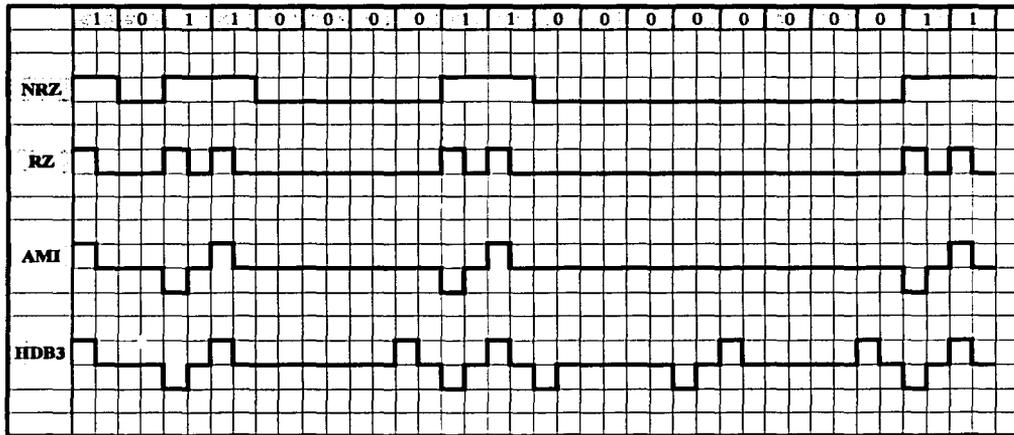


Fig. 3.8. Codificación de una palabra digital en los códigos NRZ, RZ, AMI y HDB<sub>3</sub>.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# ***CAPÍTULO. 4.***

## ***SISTEMAS PDH Y SDH.***

#### 4.1. GENERALIDADES.

En la transmisión de información, los equipos de telecomunicaciones tienen la misión de emplear la capacidad de transmisión de los medios predeterminados de la mejor forma posible, como por ejemplo, para enviar por ellos el mayor número de canales o de conversaciones telefónicas.

Las redes actuales de alta capacidad fueron desarrolladas en una época en la que la transmisión de punto a punto era el requerimiento predominante de red.

El principal requisito de las compañías operadoras de redes modernas es poder suministrar una respuesta más rápida al abastecimiento de circuitos y servicios a los usuarios.

Para satisfacer estos requisitos, las empresas operadoras de redes necesitan mejorar su habilidad para manejar el ancho de banda disponible en sus redes y necesitan hacerlo de manera económica.

Los sistemas más importantes en la transmisión de voz, datos y video emplean las tecnologías de Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) y Jerarquía Digital Síncrona (SDH), aunque también existe una nueva tecnología para la transmisión de información

denominada como Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), sistemas de transmisión que suministrarán a las empresas de comunicaciones una red flexible y económica.

#### 4.2. SISTEMA PDH.

Los sistemas de Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH), son equipos multiplexores digitales que multiplexan señales o barridos digitales del tipo plesiócrono de velocidad ú orden jerárquico inferior en un tren de pulsos digitales de velocidad mayor ú orden jerárquico superior.

La señal que se obtiene de estos sistemas puede entrar a un medio de transmisión, la selección de estos depende de la velocidad transmitida y el equipo terminal de línea (terminal óptico o radio digital) o ser señales de entrada a otro tipo de sistemas (SDH).

Las señales tributarias de más baja tasa de bits, por ejemplo 2.048 Mb/s, se multiplexan en pasos asíncronos fijos para formar y transmitir una señal con tasa más alta de bits.

El acceso a las señales tributarias individuales en cada nivel de la jerarquía, para propósitos de enrutamiento y de prueba, se consigue mediante puntos de "crosconexión" (o conexión de cruce) de señal en el nivel apropiado de la estructura de multiplexaje. Debido a la naturaleza asíncrona del multiplexaje, para lograr acceso a la señal de 2.048 Mb/s con fines de re-enrutamiento o de prueba, toda la estructura de la señal de línea se debe demultiplexar paso a paso hasta descender al nivel de 2.048 Mb/s.

En cada paso de multiplexaje, la tasa de bits de las señales tributarias individuales está controlada dentro de límites específicos y no está sincronizada con el equipo Múltiplex. Debido a que las tasas de bits de los tributarios individuales están controladas dentro de límites específicos, este tipo de multiplexaje se conoce a menudo como Plesiócrono que significa casi síncrono. Los tributarios individuales se sincronizan con el equipo en cada paso de multiplexaje mediante el proceso de *inserción positiva* de bits (justificación).

Los sistemas PDH reciben señal digital y entregan señal digital, las señales de entrada trabajan con relojes independientes, por esta razón se les llama Plesiócrono. Dentro de los sistemas PDH quedan comprendidos los multiplexores de alto orden (de 2º hasta 5º orden).

El objetivo de la utilización de PDH es el aumento de los canales de transmisión y por ende su velocidad.

El PDH tendrá que recibir la señal digital (proveniente del PCM 1er. Orden o del equipo de conmutación de la central digital) con la mejor calidad posible.

En las redes Plesiócronicas los tributarios eléctricos están recomendados por ITU-T hasta el nivel de 140 Mb/s, pero no existen recomendaciones acerca de los interfaces ópticos ni de interfaces eléctricos arriba de este nivel (terminales ópticas de quinto y sexto orden plesiócronicos).

En el procedimiento de multiplexación hay que tener en cuenta que las velocidades binarias de los sistemas tributarios tienen un margen de tolerancia, por lo que no son sincronicas, esto es debido a que las señales pueden provenir de diferentes sistemas con diferentes fuentes de reloj, en consecuencia, las señales tienen una velocidad nominal  $\pm$  un margen de tolerancia.

La multiplexación de las señales plesiócronicas es más compleja que la de las señales sincronicas, por tanto, para la adaptación de las señales plesiócronicas al reloj del sistema del equipo multiplexor se hace uso de un sistema de justificación. Este proceso permite que las señales digitales tributarias entren con una razón de velocidad diferente, y así sean correctamente relacionadas a la razón del reloj del equipo múltiplex.

#### 4.2.1. ESTÁNDARES DE MULTIPLEXACIÓN.

Existen tres normas jerárquicas de multiplexación que multiplexan señales digitales a partir de una señal digital de 64 kbit/s, están normadas por el ITU-T en base a la recomendación G.702.

- 1.- Norma Americana.
- 2.- Norma Europea.
- 3.- Norma Japonesa.

Todas las jerarquías parten de una velocidad a nivel de canal de 64 Kb/s sobre la que se estructuran los niveles jerárquicos en cualquier sistema. En México los sistemas de multiplexación digital PDH que se utilizan, se basan en el sistema Europeo.

En la Fig. 4.1., se observa que los niveles jerárquicos entre estas normas varían en velocidad y en número de canales tributarios en cada nivel jerárquico.

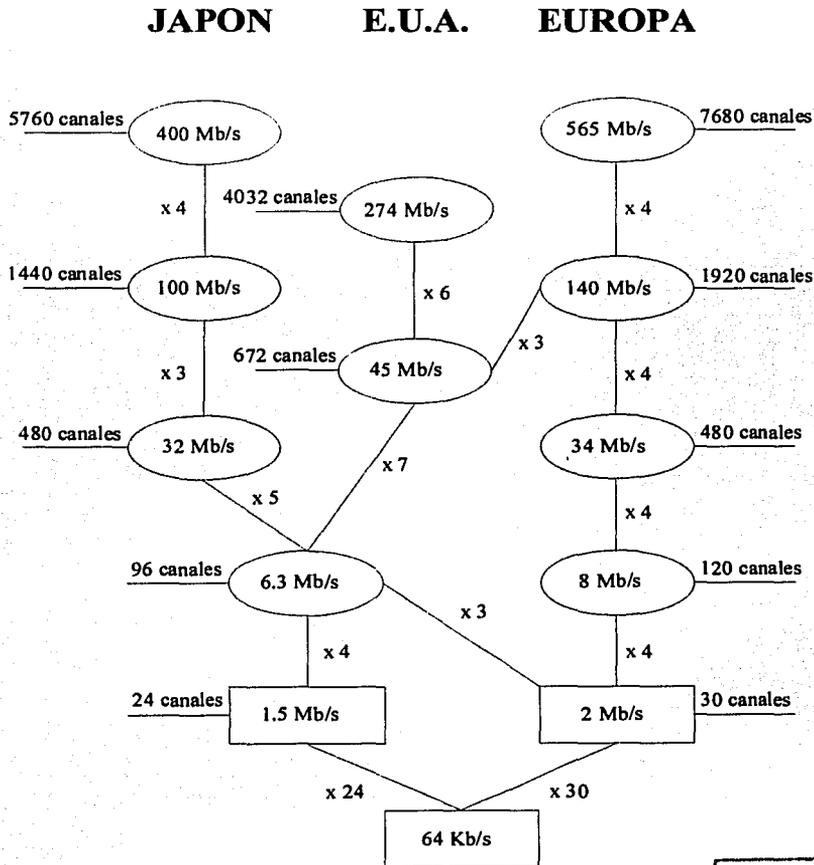


Fig. 4.1. Estructuras jerárquicas de multiplexación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.2.2. DESCRIPCIÓN DE LA NORMA EUROPEA.

La forma más usada para transmisión digital es la técnica de modulación por pulsos codificados, que en su forma más simple permite agrupar 30 canales telefónicos de voz en un solo tren de pulsos digital con una velocidad de transmisión de 2.048 Mb/s, lo que se conoce como PCM de primer orden. De hecho, sobre los sistemas PCM de primer orden se estructura la multiplexación jerárquica PDH que puede ser transmitida por cable coaxial, fibra óptica o radio enlaces como se observa en la Fig.4.2. En la Fig. 4.2 se observa el diagrama de jerarquización de primero a quinto orden y los medios que se pueden utilizar para transmitir la información en cada uno de ellos.

Las señales de los equipos múltiplex PCM y de otras fuentes de señales digitales se multiplexan en barridos de velocidades binarias más elevadas de los niveles jerárquicos inmediatos, es decir, estos equipos de multiplexado disponen ya de señales de entrada digitales, procedentes de los sistemas tributarios o sistemas jerárquicos inferiores. En la jerarquía de multiplexado norma europea, en cada nivel jerárquico se agrupan respectivamente 4 señales digitales de orden jerárquico inferior en un tren de pulsos de orden jerárquico superior, donde la multiplexación se hace de bit a bit. Los multiplexores digitales multiplexan 4 señales digitales (tributarias) de orden inferior en una señal digital de orden mayor. La multiplexación se da por entrelazado cíclico de bits.

#### 4.3. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN PDH (Bitrates).

En PDH las velocidades de transmisión de los niveles jerárquicos consecutivos no guardan una relación en la que exista un factor de multiplexaje puramente integral (es decir, mediante números enteros). Sin embargo, en lo que si existe una relación o factor de multiplexaje es en el número de canales de 64 Kb/s. tal como se muestra en la Fig. 4.1., que constituyen la capacidad de transmisión de dichos niveles jerárquicos consecutivos.

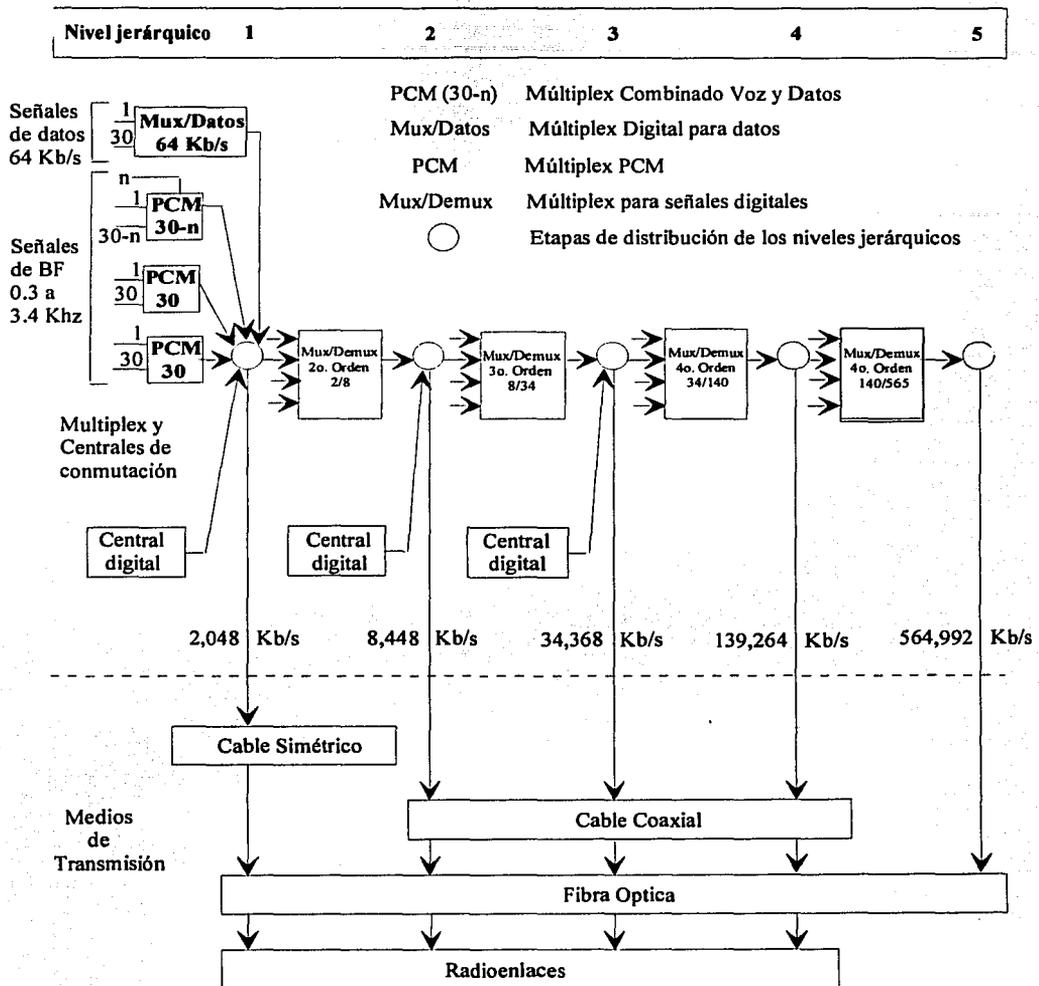


Fig. 4.2. Estándar europeo de multiplexación y medios de transmisión utilizados.

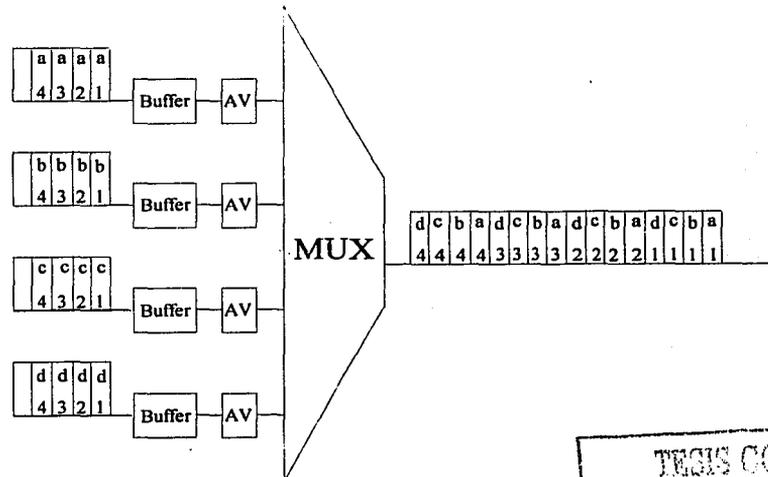
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.4. PROCEDIMIENTO DE MULTIPLEXAJE EN PDH.

En este caso, solamente los canales básicos de 64 Kb/s. están multiplexados a nivel de "byte" para conformar la señal múltiplex de primer orden. A partir de ahí el multiplexaje de todas las demás señales tributarias que forman las jerarquías de orden superior se realiza a nivel de "bit".

##### 4.4.1. ADAPTACION DE LAS VELOCIDADES DE TRANSMISION EN PDH.

Antes de efectuarse el multiplexaje de las señales tributarias de orden superior, las velocidades de transmisión de las mismas deben "igualarse" mediante el uso de bits de justificación que se añaden en los momentos necesarios (justificación positiva), por lo que no existe una relación de fase específica entre las tramas de las señales tributarias y la señal múltiplex producida. En la Fig. 4.3., se muestra el multiplexaje plesiócrono.



AV = Adaptación de velocidad

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 4.3. Adaptación de velocidad en el multiplexaje plesiócrono.

#### 4.5. SISTEMA SDH.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) es una serie de recomendaciones de ITU-T para poder introducir una red de transmisión universal en todo el mundo de alta calidad a un costo relativamente bajo. Es el estándar internacional para una red óptica de telecomunicaciones de alta capacidad, es un sistema de transporte digital síncrono enfocado a suministrar una infraestructura de red de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH), está normalizada por ITU-T en sus recomendaciones G.707, G.708 y G.709.

En Noviembre de 1988 se aprobaron los primeros estándares SDH (G.707, G.708 y G.709). Estos definen las velocidades de transmisión, el formato de señal, las estructuras de multiplexaje y mapeo tributario para la Interfaz Nodal de Red (INR) que constituye la interfaz estándar internacional para la Jerarquía Digital Síncrona.

Además de la definición de los estándares que cubren la INR, el ITU-T se dedicó a obtener una serie de estándares para gobernar la operación de los multiplexores síncronos (G.781, G.782 y G.783) y la administración de la red SDH (G.784). La estandarización de estos aspectos del equipo SDH es lo que permitirá la flexibilidad que requieren las empresas de comunicaciones para manejar de manera económica el crecimiento en ancho de banda y el suministro de los nuevos servicios a clientes que se esperan en un futuro inmediato.

El concepto de sistema de transporte síncrono, en base a estándares SDH, va más allá de las necesidades básicas de un sistema de transmisión de punto a punto para incluir los requerimientos de interconexión, conmutación, transmisión y control de red de telecomunicaciones. Estas posibilidades permiten que SDH se emplee en las tres áreas tradicionales de aplicación de las redes: Red Local, Red Inter.-Central y Red de Largo Alcance. Consecuentemente, SDH suministra una infraestructura unificada de red de Telecomunicaciones.

Los sistemas SDH permiten el mezclado de sistemas PDH Europeos y Americanos. De esta forma, en un mismo sistema podemos llevar ambas señales de sistema PDH como lo es la señal con norma Americana de 1.544 Mb/s y la señal con norma Europea de 2.048 Mb/s.

La señal que deberá recibir un equipo SDH tendrá que ser digital, la velocidad u orden dependerá del STM (Synchronous Transport Module o Módulo de Transporte Síncrono) requerido.

Internamente el equipo SDH tiene sus adaptadores (interfaces) de velocidad y estructura de trama, así como sus conversores electro-ópticos, por lo que a la salida del SDH se tiene una señal lumínica, la que tendrá que viajar por fibra óptica.

SDH de sus siglas en inglés significa Jerarquía Digital Síncrona. Es un sistema síncrono para transmitir información y es la base de la hoy en día llamada *supercarretera de información*.

La Jerarquía Digital Síncrona (SDH) se basa en el módulo de transporte internacionalmente denominado STM-de nivel 1 de 155 Mbit/s. Aquí se integra una velocidad de transmisión máxima, que corresponde aproximadamente a la señal de 140 Mb/s de hoy, y una gran cantidad de información acompañante útil para la gestión de red. La velocidad de transmisión de información útil máxima nuevamente se puede separar en subcontenedores ( $V_c =$  Contenedor Virtual). De acuerdo al esquema múltiplex definido por el ETSI (European Telecommunication Standard Institute), dentro del marco síncrono se prevén las velocidades de 2 Mb/s, 6 Mb/s, 45 Mb/s (allí van incluidos los 34 Mb/s) como parte de señales conmutables.

El orden estructurado de todas las señales dentro de una sola trama hace posible el tratar señales de cualquier nivel de la jerarquía en unidades cerradas correspondientes a los equipos. De tal forma que una gran central de conmutación se convierte en un solo "módulo", en el cual se separan una gran cantidad de señales de alta velocidad en sus componentes, se *rutean* las señales individuales y se vuelven a integrar en nuevas señales de alta velocidad.

El procesamiento de señales síncronas se realiza en los *croscnectores* electrónicos, los cuales pueden ser supervisados y manejados igualmente por centrales de servicio locales así como por medio de conexiones on-line desde el centro de gestión de la red. Datos actuales acerca del estado de la red se obtienen continuamente en las centrales vía acceso directo, y con base a estos conocimientos se pueden realizar medidas de conmutación en fracciones de segundo. Como la red de transmisión es dividida en varios niveles de red, que entre ellos

se distinguen por diferente densidad de tráfico, se desarrolló una cantidad de componentes síncronos, adaptados a los diferentes campos de la red.

### RECOMENDACIONES IMPORTANTES DE SDH.

G.707 - Velocidades de los flujos SDH.

G.708 - Interface de Nodo de Red para SDH.

G.709 - Estructura de Multiplexación.

G.781 - Estructura de recomendaciones concernientes a los equipos de Multiplexación SDH.

G.782 - Características generales de los equipos Multiplexores SDH.

G.783 - Características de los bloques funcionales de SDH.

G.784 - Administración SDH.

G.957 - Interfaces Ópticas para sistemas SDH.

G.958 - Sistemas de línea digital basados en la Jerarquía Digital Síncrona para usarse en cables de Fibra Óptica.

G.81s - Sincronización SDH y Relojes.

#### 4.6. USO DE SDH.

En el mundo existen tres jerarquías diferentes:

■ EUROPA.	2.048	-	8.448	-	34.368	-	139.264	(Mb/s).
■ U.S.A.	1.544	-	6.312	-	44.736	-	274.176	(Mb/s).
■ JAPÓN.	1.544	-	6.312	-	32.064	-	97.728	(Mb/s).

Con el desarrollo de la tecnología, posibilitando cada vez velocidades de datos más altas y la utilización de la fibra óptica, las necesidades de transmisión de grandes cantidades de datos se hizo posible.

Ahora, SDH hace posible ofrecer a las administraciones de redes, equipos compatibles para la transmisión de las señales de diferentes jerarquías a velocidades de bit muy altas.

En los sistemas PDH se observa que para poder multiplexar o demultiplexar una tributaria es necesario contar con el equipo de multiplexación/demultiplexación de cada nivel jerárquico, es decir, para demultiplexar una señal de 2 Mb/s de un tren de pulsos de 140 Mb/s es necesario demultiplexar los niveles jerárquicos de 34 y 8 Mb/s y así obtener la señal de 2 Mb/s. En los sistemas SDH no es necesario demultiplexar todos los barridos ya que se tiene la posibilidad de transportar señales de diferentes jerarquías PDH en un módulo de transporte denominado Módulo de Transporte Síncrono de nivel 1. Además de que la multiplexación se realiza Byte a Byte es posible determinar donde se encuentra nuestra señal de interés en un momento determinado gracias a la ayuda de apuntadores.

#### 4.6.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE SDH.

La velocidad de bit en SDH se basa en 155.520 Mb/s., la señal asociada se denomina STM-1 (Synchronous Transport Module - 1). El término STM-*n* *Synchronous Transport Module de nivel "n"* o Módulo de Transporte Síncrono de nivel "n", lo cual identifica al nivel de la señal SDH dentro de los niveles Jerárquicos de Multiplexación.

El STM-1 contiene uno o más contenedores, cada contenedor transportando una velocidad de bit específica (2.048, 1.544, 6.312, 34.368, etc. Mb/s).

Una cantidad de STM-1, se puede multiplexar, sin agregar datos extras como sincronización, bits de justificación, etc., para formar un STM-*n*, (de los STM-1 se forman los STM-*n* de orden superior mediante entrelazado de bits). *n* es entonces el nivel, por ejemplo:

4 veces STM-1 se multiplexa a un STM-4 de 622.080 Mb/s.

16 veces STM-1 se multiplexa a un STM-16 de 2.488 320 Mb/s.

Hasta hoy, se han definido cinco niveles de señales SDH. Los niveles y las velocidades relacionadas se indican a continuación:

<u>Nivel SDH.</u>	<u>Velocidad.</u>
STM-0.	51.840 Mb/s.
STM-1.	155.520 Mb/s.
STM-4.	622.080 Mb/s.
STM-16.	2.488 320 Mb/s.
STM-64	9.953 280 Mb/s.

Actualmente los niveles STM-16 y STM-64 se están utilizando como esqueleto en la red metropolitana y de larga distancia respectivamente, denominada *red meta en configuración de anillo* y el STM-16 en enlaces punto a punto en la red local.

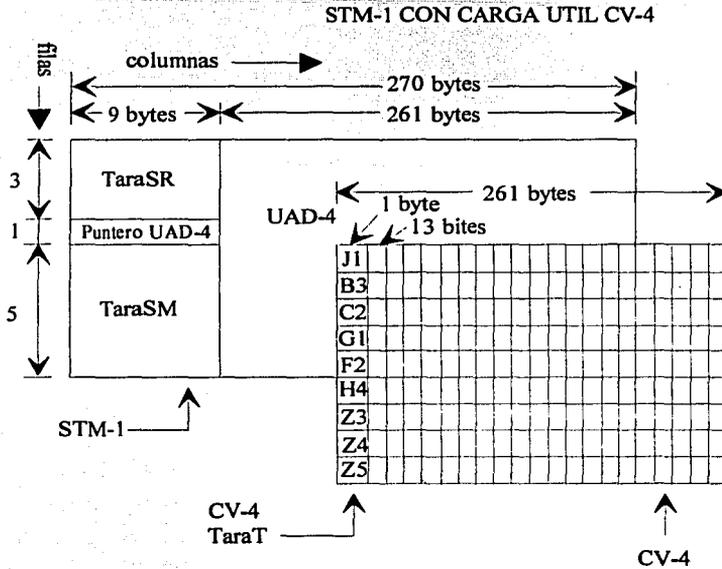
Los niveles STM-1 y STM-4 se utilizan básicamente dentro de las redes locales, STM-4 como transporte de señales de 140 Mbit/s. y el nivel STM-1 con acceso de tributarios a 2 Mbit/s. como transporte directo de las señales de 2 Mbit/s. entregadas por las centrales digitales.

Uno o más contenedores tienen un apuntador, indicando dónde está dentro del STM-1, así que es relativamente sencillo la extracción y/o inserción de uno o más contenedores de este módulo. En PDH, ésto es solamente posible cuando se demultiplexa la señal completamente, ya que no se sabe dónde está la señal de interés de un orden inferior dentro de la trama de un orden superior.

Al ensamblar cada contenedor, se envía una cantidad de señales extra para identificar el contenedor, para monitoreo de la calidad de la señal y otros usos, que se pueden utilizar en el sitio de desensamblado. Estas señales se conocen como TT (Tara de Trayecto). Así también se envía dentro del STM-1 una cantidad de señales conocidas como TS (Tara de Sección) con usos como sincronización, monitoreo de la señal, identificación de STM-1, canales de voz y de telemetría, etc. Una parte del TS se desensambla y reensambla en cada repetidor y la otra parte solamente en las terminales, así que en cualquier punto de la sección se puede conocer el "status" y la calidad del mismo.

En la Fig. 4.4 se muestra la estructura de un STM-1. Nótese que en SDH se trabaja con octetos (8 bits), mientras la estructura se repita con una frecuencia de 8 Khz. (125 microsegundos). La estructura consta de 9 líneas con 270 octetos cada una. Así:

(9 líneas x 270 octetos x 8 bits / octeto x 8 Khz.) = 155.520 Mb/s.



**CAPACIDAD DE TARA JDS**

	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1	X	X		J1
TaraSR	B1	X	X	E1	X	X	F1	X	X		B3
Puntero UAD	D1	X	X	D2	X	X	D3	X	X		C2
	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3		G1
	B2	B2	B2	K1	X	X	K2	X	X		F2
	D4	X	X	D5	X	X	D6	X	X		H4
TaraSM	D7	X	X	D8	X	X	D9	X	X		Z3
	D10	X	X	D11	X	X	D12	X	X		Z4
	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	X	X		Z5

TaraT

- A1,A2: Trama
- B1,B2,B3: Monitorización Errores Binarios
- C1: Identificador de STM
- C2: Identificador de Carga Util CV
- D1-D12: Canal de Datos
- E1,E2: Canal de Servicio
- F1: Canal de Usuario
- F2: Canal de Usuario del Trayecto CV-n
- G1: Estatus de Trayecto
- H1,H2,H3: Bytes Puntero UAD
- H4: Indicador de Multitrama
- J1: Trazado de Trayecto CV
- K1,K2: Conmutación de Auto Protección
- Z1-Z5: Reserva
- X's: Bytes Nacionales de Usuario
- S1: Estatus de Sincronía
- M1: Sección de Regeneración

Fig. 4.4. Estructura de trama STM-1.

TESIS CON  
FALLA DE ORICION

Las Tramas de Transmisión de los *STM-n* contienen:

- A.- Multiplexación en  $n$  AUG's (Administrative Unit Group o Unidad de grupo administrativo).
- B.- Además de una cabeza de sección llamada *Section Overhead* (SOH).

Esta definido lo siguiente:

- 1.- Los 155.520 Mb/s del STM-1, referidos como la "Trama Básica", el cual contiene un AUG y su cabeza de sección SOH.
- 2.- Los 622.080 Mb/s del STM-4, el cual contiene 4 AUG's y su cabeza de sección SOH.
- 3.- El STM-16 el cual contiene 16 AUG's y su cabeza de sección a los 2.488320 Mb/s.

En la Fig. 4.5., se muestra la estructura de multiplexación.

#### 4.6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS SDH.

- Tratamiento y multiplexado a nivel de Byte.
- Duración de la trama uniforme (125  $\mu$ S) el sistema es síncrono.
- Utilización de punteros.
  - Para identificar las tramas de los tributarios.
  - Para la adaptación de velocidad (justificación)
- Canales de servicio y supervisión de gran capacidad.

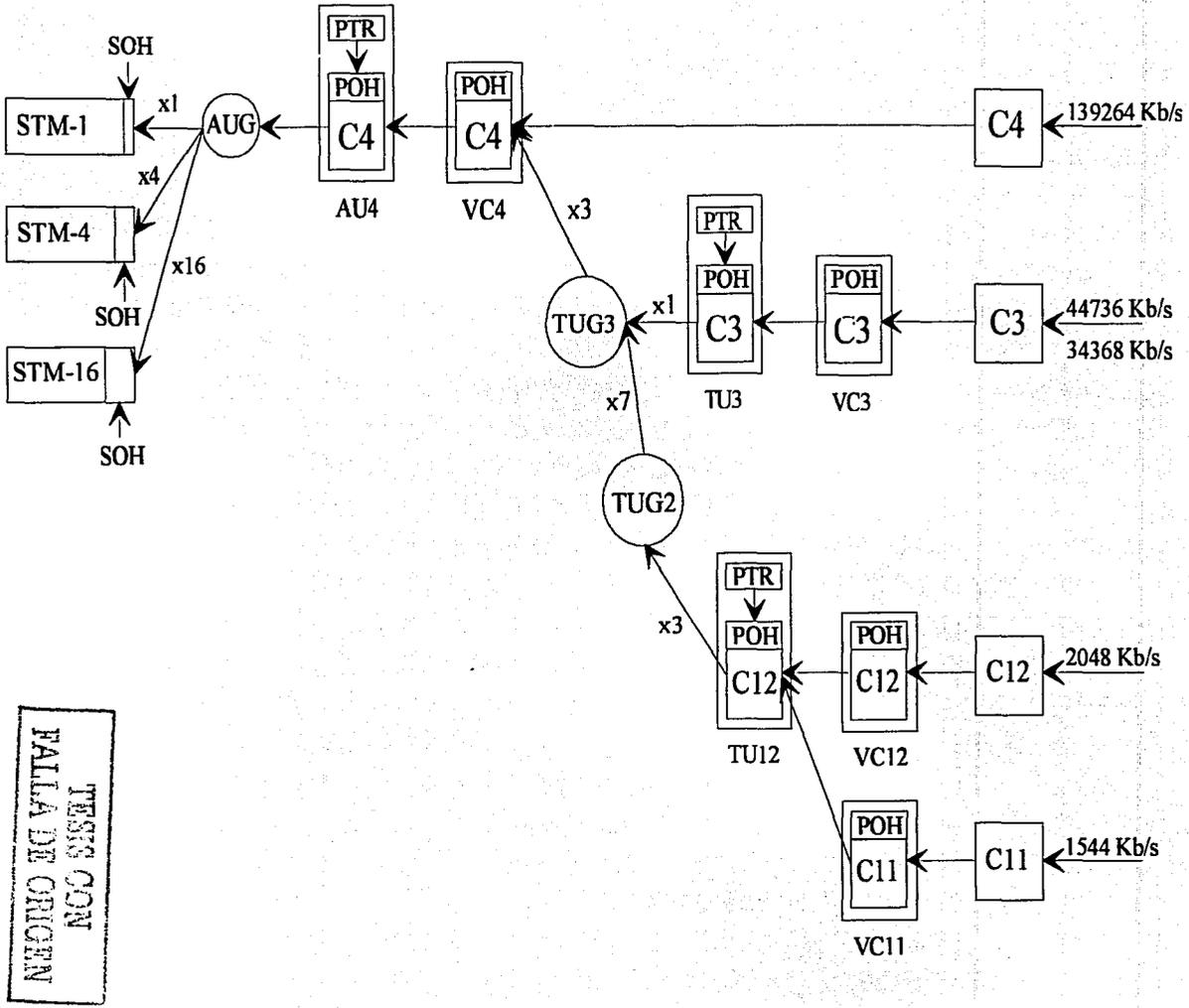


Fig. 4.5. Estructura de multiplexación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.6.3. VENTAJAS AL UTILIZAR SISTEMAS SDH.

- Menor cantidad de pasos de multiplexación.
- Menos interfaces de transmisión.
- Tributario único estandarizado para cualquier velocidad.
- Posibilidad de transportar y mezclar señales de diferentes jerarquías PDH en un único STM-1 (Módulo de Transporte Síncrono).
- Canales de operación y mantenimiento (O & M) integrados.
- Implementación de redes flexibles con el uso de ADM's (Multiplexores de Inserción-Extracción) y DCX's (Sistemas de Interconexión digital).
- Compatibilidad entre equipos de diferentes marcas.
- Reducción de costos de los equipos.

#### 4.6.4. UTILIDAD DE LOS SISTEMAS SDH.

En las redes actuales como sistemas de transmisión en lugar de los sistemas plesiócronicos.

En las futuras redes troncales síncronas.

En las futuras redes de acceso, ofreciendo servicios de alta velocidad y banda ancha (por ejemplo aplicaciones de transmisión de video, LAN y WAN).

#### 4.7. ESTÁNDARES DE MULTIPLEXACIÓN.

En cuanto a sistemas de transporte síncrono hay dos estándares de multiplexión:

Estándares:

Siglas:

■ Norma Americana.

SONET.

■ Norma Europea estandarizado por ITU.

SDH.

Para el caso de nuestro País utilizamos el sistema SDH.

Las tasas de bits de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) son múltiplos enteros de la velocidad de transmisión del Módulo de Transporte Síncrono 1 (STM-1), que es igual a 155.520 Mb/s. El STM-1 consiste en nueve líneas de 270 Bytes cada una, que se transmiten en 125 microsegundos.

Aparte del STM-1, se han estandarizado, para sistemas de línea, un Módulo de Transporte Síncrono STM-4 con una tasa de Bits de 622.080 Mb/s y un Módulo de Transporte Síncrono STM-16 con una tasa de Bits de 2.488 320 Mb/s.

A las señales afluentes plesiócronas se les da un formato unificado (conocido por contenedor) en multiplexores síncronos, para ser luego conmutadas por nodos de red (interconexiones). Las señales afluentes en formato SDH (STM-n) pueden transmitirse directamente al nodo de red. Acto seguido, las señales son transportadas a través de la malla mediante multiplexación por división de tiempo, es decir, los sistemas de transmisión. El contenedor virtual asociado con la trama STM-1 se conoce como Contenedor Virtual de nivel 4 o VC-4 (VC-4 o CV-4).

Las señales de INR (Interfaz Nodal de Red) salientes están sincronizadas con el reloj del nodo de red, cuya precisión ha de ser muy elevada (red síncrona). Esto no se aplica en la misma medida a las señales de INR (Interfaz Nodal de Red) entrantes.

Las capacidades potenciadas de operación, administración y mantenimiento se basan en las funciones de tara en la SDH. Hay dos tipos de tara: Tara de Trayecto (TT) y Tara de Sección (TS).

La Tara de Trayecto se asigna a la carga útil cuando ésta es multiplexada al contenedor y permanece en el mismo contenedor hasta la demultiplexación de la carga útil. Esto define el significado de "Trayecto" en la SDH. La Tara de Sección forma parte de la trama del STM-1. En este contexto, la sección se define como la parte del trayecto donde no tiene lugar la multiplexación/demultiplexación de STM-n's. Por lo general, un trayecto comprende más de una sección.

Una sección (o más exactamente: sección de multiplexación) puede componerse de varias secciones de regeneración. Por consiguiente, la Tara S se subdivide en dos partes: La

Tara de Sección de Multiplexación (Tara SM) y la Tara de Sección de Regeneración (Tara SR). Sólo la tara SR (no así la Tara SM) es accesible desde los regeneradores.

#### 4.8. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN SDH.

El factor de multiplexaje entre los niveles jerárquicos consecutivos es un número entero. Algo de gran importancia es el hecho de que existen varios puntos o niveles jerárquicos en los que la velocidad de transmisión es exactamente la misma tanto para los sistemas Europeos como para los usados en E.U.A.. En la Fig. 4.6. se observan las velocidades de transmisión en SDH.

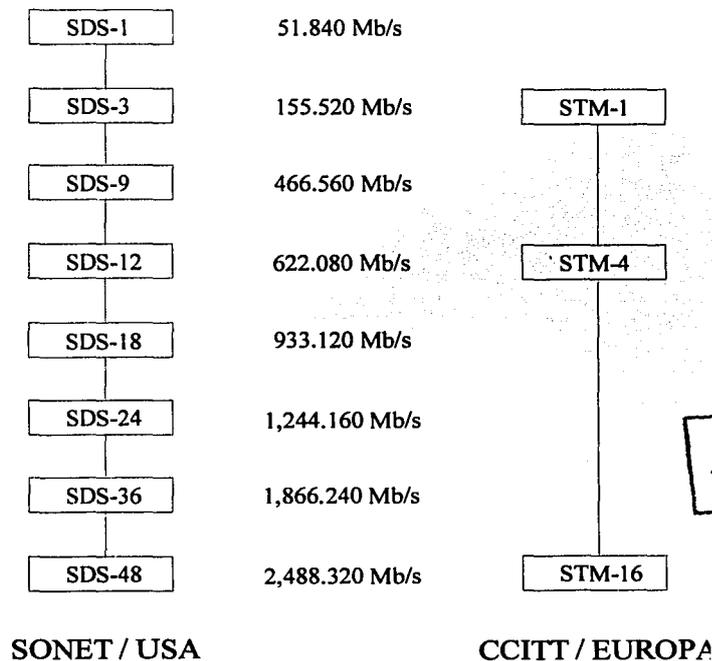


Fig. 4.6.- Velocidades de transmisión para SDH.

#### 4.9. PROCESO DE MULTIPLEXAJE EN SDH.

En SDH solamente se utiliza el multiplexaje a nivel de Byte. A diferencia de como sucede en PDH, en SDH no es necesario realizar ningún tipo de adaptación de velocidad de transmisión entre las señales tributarias. En la Fig. 4.7., se muestra el multiplexaje en SDH., que en este caso llevan el nombre de Contenedores Virtuales VC's (Virtual Container). La relación de fase entre los VC's englobados en una señal múltiplex de orden superior está indicada por apuntadores o "Pointers" en la capa funcional de Servicios de Red.

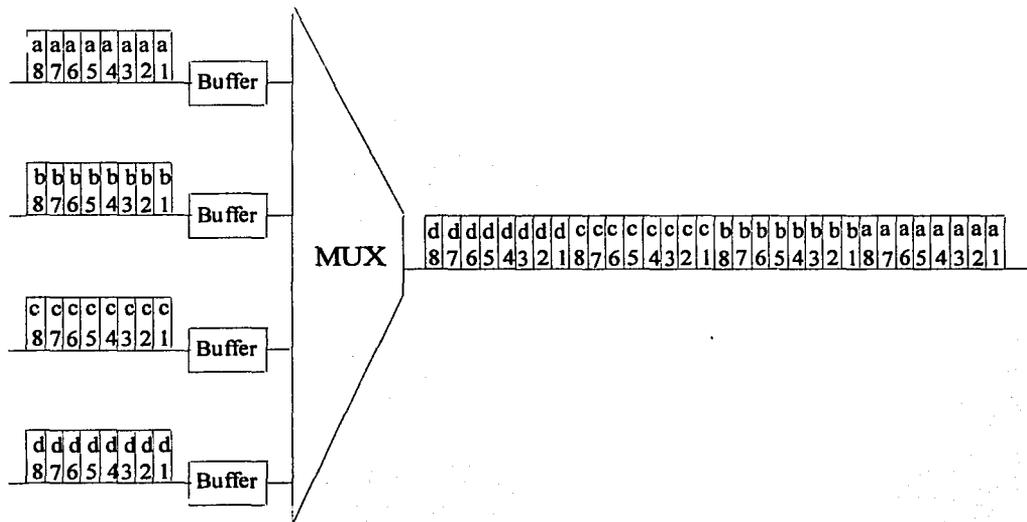


Fig. 4.7. Multiplexaje en SDH.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.10. PROVEEDORES DE EQUIPO.

Dentro de la red de transmisión de Teléfonos de México se tiene una gran diversidad de equipos de Jerarquía Digital Plesiócrona de diversos proveedores y varios tipos o versión dentro de un mismo proveedor.

<u>PROVEEDOR</u>	<u>FAMILIA DE EQUIPO.</u>
Ericsson	Equipo PDH tipo ByB. Equipo PDH tipo S-7000.
Alcatel	Equipo PDH tipo T-80. Equipo PDH tipo T-90. Equipo PDH tipo Telettra 565.
NEC	Equipo PDH tipo serie 5000. Equipo PDH tipo serie 6000.
Phillips	Equipo PDH tipo Slim Line. Equipo PDH tipo PLE.
AT&	Equipo PDH AT&T 565.
Norther Telecom.	Equipo PDH versión modular.

Estos equipos se encuentran en distintas aplicaciones dentro de la red de Telmex. Puede decirse que en términos generales Telmex tiene tres tipos de aplicaciones de red de transmisión.

- 1.- La red de transporte de larga distancia.
- 2.- La red de transporte local.
- 3.- La red de acceso a usuarios.

En estos tres tipos de aplicaciones encontramos equipos PDH con ciertos criterios en cuanto a velocidades y topología utilizada.

En las tres aplicaciones encontramos equipos múltiplex de los diferentes ordenes jerárquicos.

ORDEN JERÁRQUICO:

MULTIPLEXA SEÑALES DE:

2do. Orden	2 Mb/s a 8 Mb/s.
3er. Orden	8 Mb/s a 34 Mb/s.
4to. Orden	34 Mb/s a 140 Mb/s.
5to. Orden	140 Mb/s a 565 Mb/s.

Se encuentran instalados también multiplexores que contienen funciones de multiplexado de dos o más ordenes jerárquicos dentro del mismo tipo de equipos, por ejemplo multiplexores de salto de 2 a 34 Mbit/s. Este tipo de multiplexores se encuentra en la red de transporte local y larga distancia donde las velocidades de transmisión son altas, no así en la red de acceso donde las velocidades de transmisión son bajas.

Actualmente se tienen equipos SDH en la planta telefónica principalmente de los proveedores.

- 1.- Alcatel.
- 2.- Phillips.
- 3.- NEC.
- 4.- Ericsson.

El equipo Alcatel básicamente esta concentrado en la red de larga distancia con equipos SDH STM-16 para la red meta de L.D. y equipo STM-4 y ADM-4 para el cierre de anillos en áreas urbanas. Además del equipo de crosconexión digital.

El equipo Phillips se utiliza en la red local para emigrar los equipos PDH a SDH, se sustituyeron los terminales ópticos por equipo SDH.

El equipo NEC tiene alcances punto a punto STM-4 y también enlaces STM-1 con la modalidad de configuración en anillo.

El equipo Ericsson se emplea principalmente en el área metropolitana para la configuración de anillos metropolitanos STM.16, configuración 1+1 y complementado con el sistema STM-4, brinda una gran variedad de posibilidades de envío de diversas señales tributarias, pues, se pueden canalizar tanto señales eléctricas de 2,34 y 155 Mb/s, como señales ópticas de 155 Mb/s. Adicionalmente pueden construirse sistemas punto a punto STM-4 y STM-1.

PROVEEDOR	STM-1	STM-4	STM-16	ADM-4	DXC
Alcatel	1641SM	1651SM	1664M	1664 SX	1641SX.
Phillips		SLE-4.			
NEC	SMS 150 W	SMS 600 W.			
Ericsson	L-AXD 155	L-AXD 620	L-AXD 2500.		

# ***CAPÍTULO. 5.***

## ***REDES DE TELECOMUNICACIONES.***

### 5.1. RED DE TELECOMUNICACIONES.

Para llevar a cabo la **comunicación** única y exclusivamente entre dos usuarios, sólo es necesario dos equipos terminales compatibles, bien sean teléfonos, fax, pc, etc., y una sola línea de transmisión. Por otro lado, para poder entablar la comunicación con un tercer usuario, el problema puede resolverse duplicando el arreglo simple antes expuesto, logrando con esto una red triangular constituida por tres líneas de transmisión y tres pares de equipo terminal, tal como se muestra en la Fig. 5.1.

El arreglo simple de una línea de transmisión con dos equipos terminales de comunicación (circuito dedicado), suele emplearse en la industria, conocido como línea privada, que es un elemento de la red privada de alguna compañía. No obstante, una configuración en red triangular o mayor, es por lo tanto, antieconómica, pues en este arreglo se tienen 6 equipos terminales, 3 líneas de transmisión y darán servicio en condiciones normales, sólo un par de equipos terminales enlazados con sólo una línea de transmisión; la eficiencia del arreglo es por consiguiente baja, y cuanto más grande sea la red, la eficiencia disminuye.

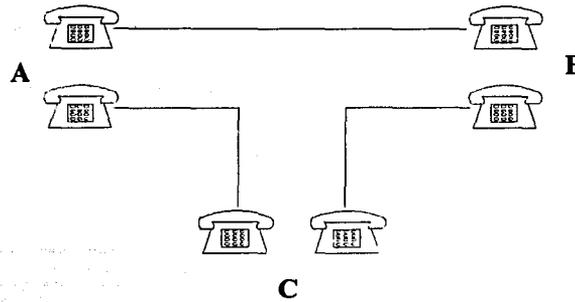


Fig. 5.1. Arreglo de una red triangular para la comunicación entre tres usuarios distantes.

Para lograr la comunicación entre varios usuarios y solamente un equipo terminal por usuario, es necesario emplear un dispositivo conocido como **conmutador**, asociado al usuario; así se tiene la posibilidad de seleccionar la línea de transmisión apropiada según la dirección del usuario destino. Este tipo de arreglo constituye lo que se entiende por **red conmutada simple**, como lo ilustra la Fig. 5.2. De esta forma, las líneas de transmisión se transforman en un arreglo complejo de medios de transmisión y conmutadores, mejor conocida como **red de transporte y conmutación**.

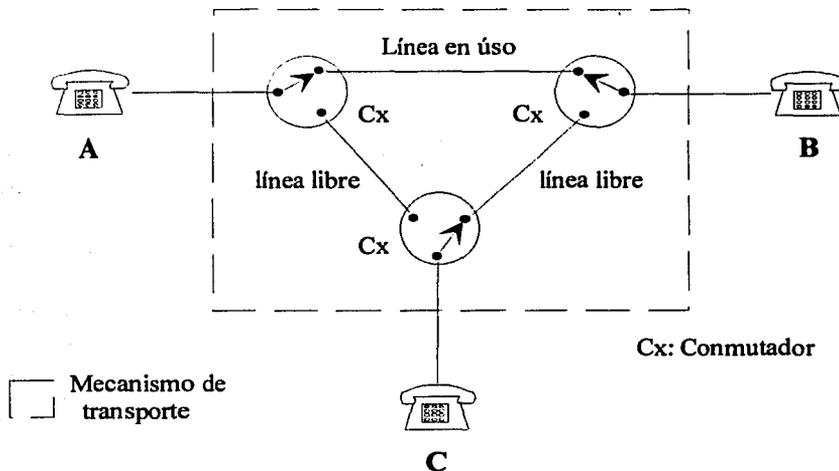


Fig. 5.2. Red conmutada simple.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la Fig. 5.3. se muestra un arreglo elemental pero más completo sobre la integración de líneas de transmisión y dispositivos de conmutación, a tal arreglo ahora se denomina como Central Telefónica o Nodo, que es compartido por varios usuarios conectados a la central mediante líneas de usuarios. Bajo esta filosofía, una integración mucho mayor de estos arreglos viene a conformar lo que es una Red Telefónica de Conmutación Pública (RTCP), complementada por las **líneas troncales** que interconectan a los nodos.

Las redes de telecomunicaciones que son estructuras acopladas de nodos y medios de transmisión, están constituidas por interconexiones de dispositivos y sistemas capaces de transmitir y/o recibir mensajes eléctricos y ópticos canalizados mediante redes de audio, datos y video, tienen la finalidad de interconectar geográficamente a los usuarios a través de las centrales telefónicas. Por otra parte, las empresas que brindan el servicio de telecomunicaciones, tienen como finalidad la integración de los tres tipos de redes en una sola para brindar un servicio más completo a sus usuarios.

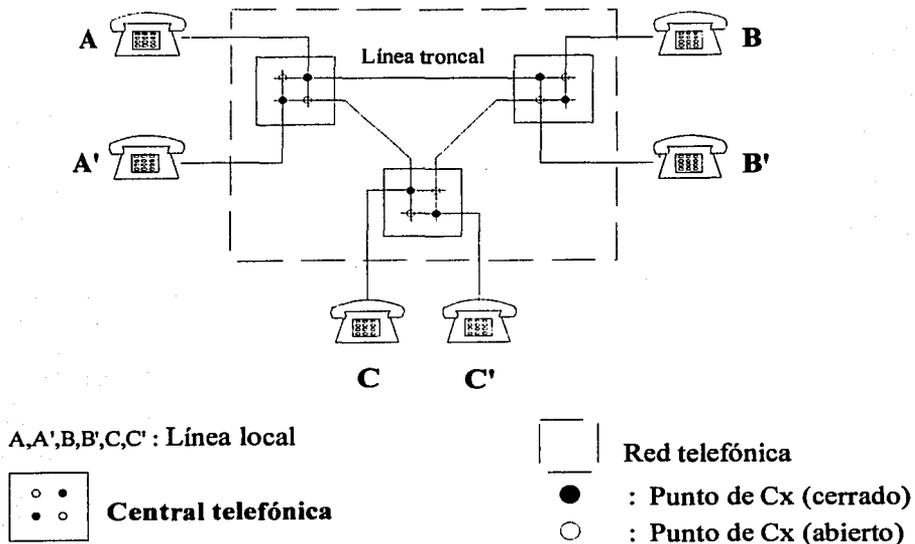


Fig. 5.3. Arreglo de una red telefónica simple.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los nodos de la red de transporte presentan la sección de conmutadores en arreglo matricial, permitiendo con esto que todos los dispositivos terminales conectados, tengan la posibilidad de ser accedidos a cualesquiera de las líneas troncales, de aquí que a tal arreglo de conmutadores se les considere de Accesibilidad Completa, pues permite que cualesquier línea local pueda ser interconectada con cualesquier línea troncal disponible hacia el usuario destino.

## 5.2. PROCESO DE CONMUTACIÓN.

Desde el punto de vista técnico, el término conmutación se refiere básicamente a la acción de cambio de estados entre dos dispositivos mediante un mecanismo diseñado para ese fin, así se crean dos acciones diferentes pero que se complementan. En el ámbito de las telecomunicaciones se tienen tres acciones posibles:

- 1.- Conmutación temporal.
- 2.- Conmutación de espacio.
- 3.- Conmutación tiempo-espacio.

En la conmutación temporal las muestras de las señales de información en las ranuras de tiempo ( $t_s$ ) pueden cambiar su posición hacia otras ranuras de tiempo dentro de la misma trama por medio del dispositivo conocido como **conmutador de tiempo**. Así, la conmutación temporal hace posible el cambio de la muestra de un canal de un  $t_s$  a otro  $t_s$  dentro de la misma trama. (Fig. 5.4).

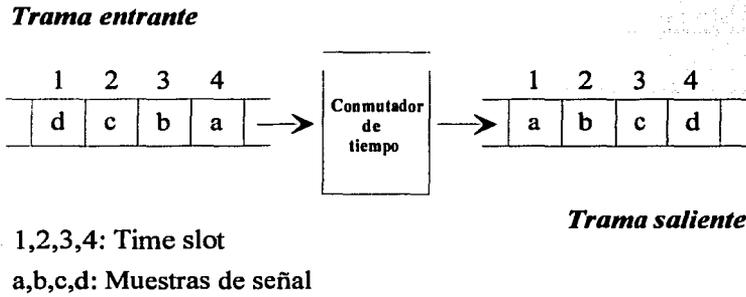


Fig. 5.4. Proceso de la conmutación temporal.

La conmutación de espacio permite que en dos tramas diferentes pueda realizarse el intercambio de muestras de dos canales de información diferentes, respetando las mismas ranuras de tiempo. (Fig. 5.5).

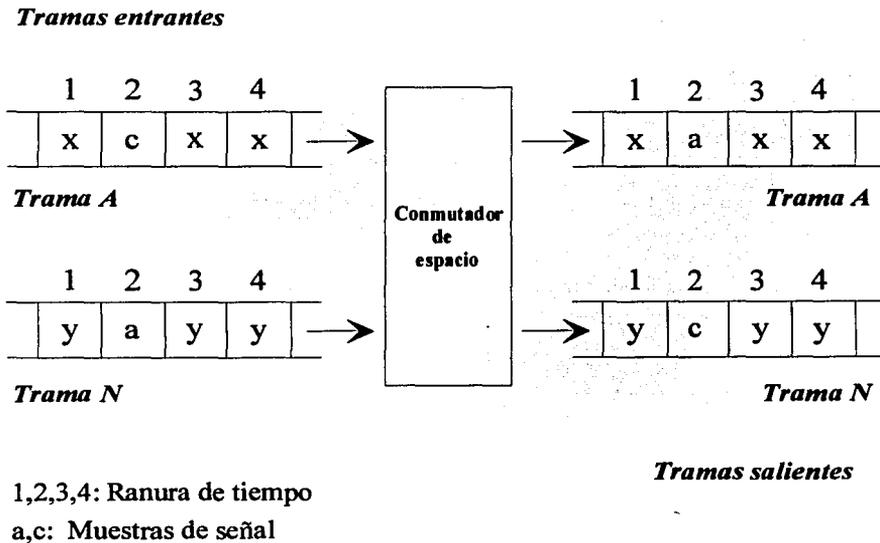


Fig. 5.5. Proceso de la conmutación de espacio.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La conmutación tiempo-espacio realiza las acciones de conmutación tanto en tiempo como en espacio de las muestras de los canales de información entre ranuras de tiempo y tramas. De esta forma, se tiene versatilidad en cuanto a la transmisión de las muestras atendiendo a las necesidades de los usuarios. La Fig. 5.6 muestra en forma simultánea las acciones de conmutación tiempo-espacio.

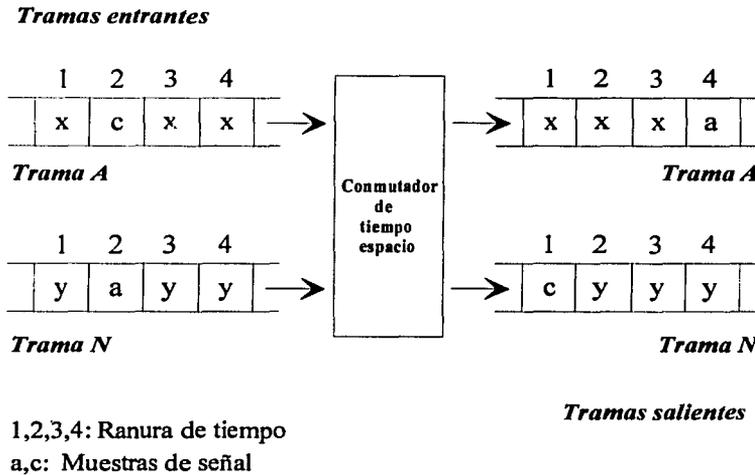


Fig. 5.6. Proceso de la conmutación tiempo-espacio.

### 5.3. CLASIFICACIÓN DE REDES.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las redes de Telecomunicaciones de acuerdo a la cantidad y al tipo de información que procesan entre nodos, se suelen dividir en:

a).- Redes no integradas, se caracterizan porque sus centrales no poseen ninguna información de la red, así, la señalización es sencilla debido a que la central conoce solamente a sus propios usuarios y a sus propias líneas troncales. Por consiguiente, en este tipo de red la central realiza la conexión entre abonado y troncal, o entre troncales, y envía

la información necesaria a la siguiente central para enlazar su abonado local con el abonado distante. En cuanto a la señalización, se tienen protocolos estandarizados por lo que es posible el acoplamiento entre nodos de diferente marca y tipo sin problema alguno.

b).- Redes Semi-Integradas, en esta red, los nodos poseen sólo datos locales, sin embargo, durante las llamadas se produce un intercambio de información con respecto a los usuarios en cuestión, de aquí que la red cuenta con información sólo temporal de los elementos de red. Por lo tanto, se requiere un tipo de señalización más sofisticada para la realización de intercambio de información sobre abonados, estados del sistema, etc.. Según los estándares de la señalización, es posible o no el acoplamiento entre diversas marcas y tipos de nodos.

c).- Redes totalmente Integradas, en este tipo de redes se tiene el máximo grado de integración, con características tales como la total y transparente facilidad en los servicios a los usuarios, por lo que implica un requerimiento de acceso a datos totales de la red en cada uno de los nodos involucrados, lo que conlleva a que sea una estructura sumamente compleja, pues se necesita la integración de cambios en los datos de la red en todos y cada uno de los nodos. Sin embargo, en este arreglo de red se da la impresión de que todos los usuarios asociados se encuentran conectados en un sólo nodo, pues se brindan servicios especiales tales como rellamada automática, transferencia de llamada, etc., sin ninguna dificultad.

#### 5.4. ELEMENTOS DE RED.

La red de transporte o, red de telecomunicaciones, tiene como principales elementos los siguientes (Fig. 5.7).

- 1.- Centrales Telefónicas o Nodos.
- 2.- Medios de transmisión.
  - 2.1.- Red troncal.

- 2.2.- Red principal (primario).
- 2.3.- Red secundaria.
- 2.4.- Red directa.
- 2.5.- Línea de usuarios.
- 2.6.- Caja de distribución (mufas).
- 2.7.- Puntos de dispersión.

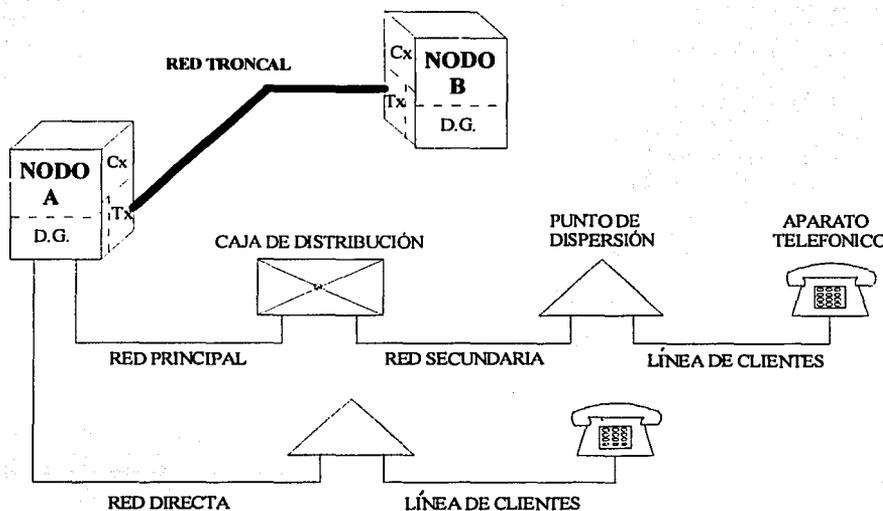


Fig. 5.7. Red de transporte central telefónica - usuario.

La central telefónica es el medio que realiza la conmutación o conexión de dispositivos (línea de usuario y línea troncal), necesarios para establecer la comunicación entre usuarios. Ahora bien, la central telefónica se encuentra constituida por dos grandes bloques de funciones (Fig. 5.8).

- 1.- Parte de conexiones.
- 2.- Parte de control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

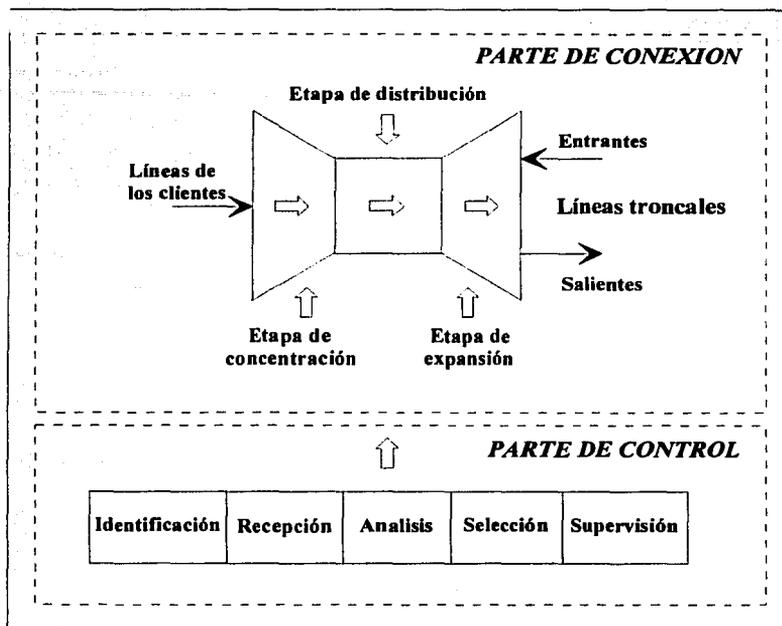


Fig. 5.8. Diagrama a bloques de una central telefónica.

La sección de conexiones presenta tres etapas en las que se llevan a cabo funciones propiamente de conmutación y comunicación con los usuarios, así como conexión de las líneas de usuario al equipo de conmutación, señalización entre equipo terminal de usuario y la central –tonos, información, etc.- establecimiento de llamadas, información necesaria para trabajos de operación y mantenimiento de los dispositivos de conmutación, también como el manejo de la señalización y el acoplamiento de parámetros eléctricos de la señal de información a las condiciones de la línea de transmisión (línea troncal).

En la sección de control se presentan funciones sobre operación y mantenimiento de la central en conjunto, tales como identificación y mantenimiento de los datos de usuarios para la creación de trayectorias al usuario remoto, tarifación, información de rutas ocupadas, acciones de supervisión en las etapas requeridas en el establecimiento de llamadas, así como

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

la comunicación hacia una terminal inteligente para el despliegado de información visual e impresa para labores de operación, mantenimiento, facturación y estadística del sistema.

Las centrales telefónicas digitales poseen una interfaz que permiten que el operador tenga comunicación con ella, mediante una computadora personal o una terminal visual atendiendo a un conjunto de reglas conocidas como **comunicación hombre-máquina**. La parte de la central en la que se lleva a cabo la comunicación con el operador es en la sección de control en el modulo de supervisión. Así, el operador puede acceder a la central mediante programas de instrucciones o comandos respetando una sintaxis determinada (biblioteca de la central) para solicitar información sobre el estado de los dispositivos o para dar disponibilidad sobre nuevas líneas troncales que se requieran y resolver las necesidades de transmisión.

### 5.5. CENTRALES TELEFÓNICAS.

Por el tipo de señales que procesa y los mecanismos que realizan la función de comunicación de las señales de audio, una central telefónica se clasifica en dos tipos:

1.- Centrales Analógicas, que son aquellas que realizan la conmutación de las señales analógicas de audio mediante dispositivos electromecánicos.

2.- Centrales Digitales, son las que procesan señales de información discretas en el tiempo por medio de circuitos electrónicos.

Las centrales telefónicas dadas sus funciones con respecto al uso de las líneas troncales que contiene presentan tres modalidades.

i).- Central Telefónica Convencional, o nodo secundario, solamente cumple con la función de concentrar las líneas telefónicas bien sea hacia otros nodos secundarios o centrales de mayor capacidad.

ii).- Central Telefónica de Conmutación de Líneas Troncales o **Tandem**, son centrales de gran capacidad de información conocidas también como Centrales de tránsito o **Nodos primarios**.

iii).- Central Automática de Larga Distancia (CALD), son centrales **Tandem** que presentan la característica de realizar conmutaciones de troncales para larga distancia.

Por otro lado, considerando a las centrales telefónicas desde el punto de vista de la función que realizan dentro de la red de telecomunicaciones, las centrales telefónicas pueden clasificarse en (Fig. 5.9):

a).- Central Local. Su función consiste en brindar el servicio telefónico a los usuarios comprendidos dentro de una área geográfica determinada.

b).- Concentrador o Unidad Remota. Es una central telefónica en pequeña escala conectada y dependiente de la central local, que le permite a esta, aumentar su cobertura de servicio sobre una mayor área geográfica. En este caso, a la central local también se le conoce como **Central Telefónica\_Maestra**. La capacidad de transmisión es relativamente baja, pues la velocidad de transmisión típica es de 8 Mb/s. y 34 Mb/s. a nivel óptico.

c).- Contenedor o Fraccionario de acceso STM-1/SDH. Es una especie de microcentral telefónica o gabinete intemperie y es una nueva forma de brindar el servicio telefónico a los usuarios de conjuntos de unidades habitacionales, que consiste en una estructura metálica conteniendo una sección del distribuidor general (D.G.-Cross) para la conexión de las líneas de usuario, una sección de suministro de energía eléctrica, una sección exclusiva para el equipo de conmutación y una sección propia para el equipo de transmisión. En la parte del equipo de transmisión se encuentran áreas para señales de 2 Mb/s. y 34 Mb/s con conexión óptica de 155 Mb/s. o STM-1 para la transmisión a la central telefónica correspondiente. Esta nueva modalidad (URE), tiene capacidad para brindar el servicio telefónico de hasta 512 líneas de usuarios.

d).- Central de Tránsito o Tandem. Como su nombre lo indica, es el tipo de central que se emplea para la interconexión a nivel de líneas de transmisión (troncales), entre varias centrales locales circunvecinas, además se utiliza como vías de auxilio para las centrales que presentan alto índice o congestión de llamadas. Por lo general, en estas centrales no se presenta el servicio de líneas de usuarios, por lo que solamente se encuentra instalado el equipo de transmisión para las líneas troncales. El área geográfica que cubre es el equivalente a la de una ciudad.

e).- Centrales de larga Distancia. Su función es parecida a la central de tránsito, pues no presenta el servicio de líneas de usuario (conexión de equipo terminal), pero su cobertura es mucho mayor. Enlaza áreas geográficas que abarcan ciudades y adicionalmente presentan equipo de facturación por tiempo de los usuarios que se sirven de este servicio.

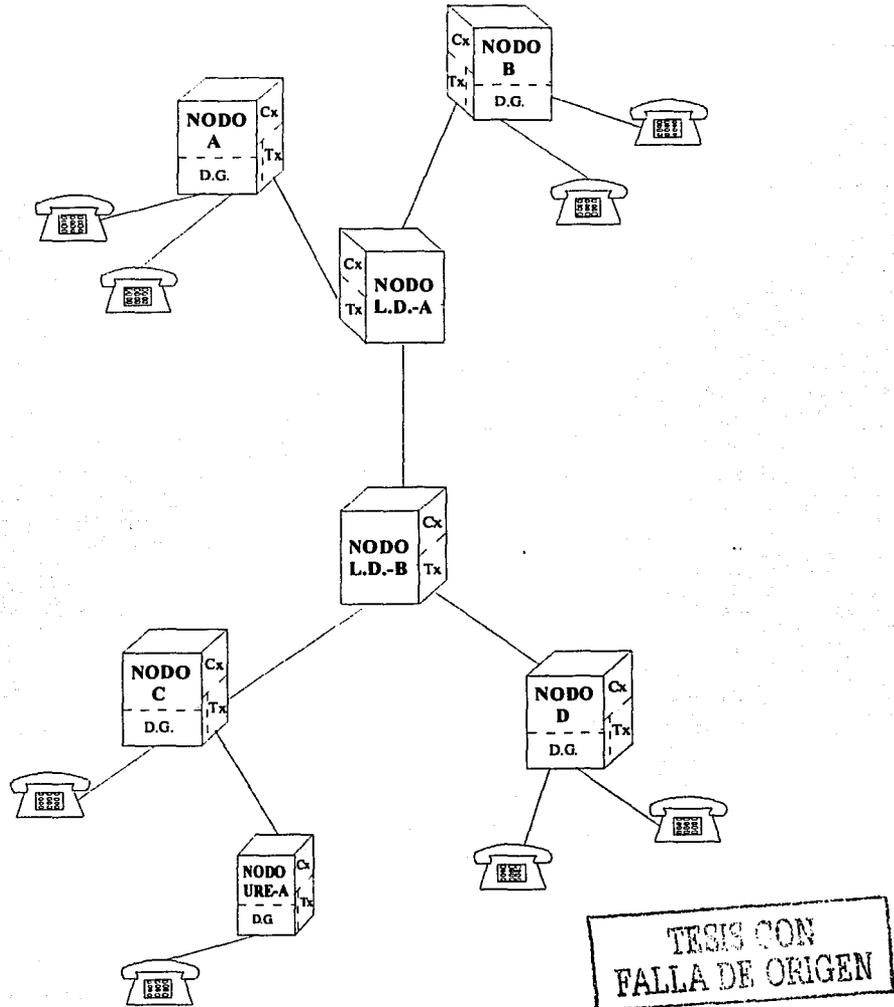


Fig. 5.9. Tipos de Centrales Telefónicas en una red de transporte.

## 5.6. RED TRONCAL.

La red troncal es un arreglo de sistemas de transmisión constituido básicamente por dos tipos de elementos: los sistemas de transmisión propiamente dichos y los medios de transmisión. Tal arreglo tiene como función enlazar a los nodos del área circunvecina (A, B,...O) con el nodo considerado, para canalizar la información requerida por los usuarios conectados a él. (Fig. 5.10).

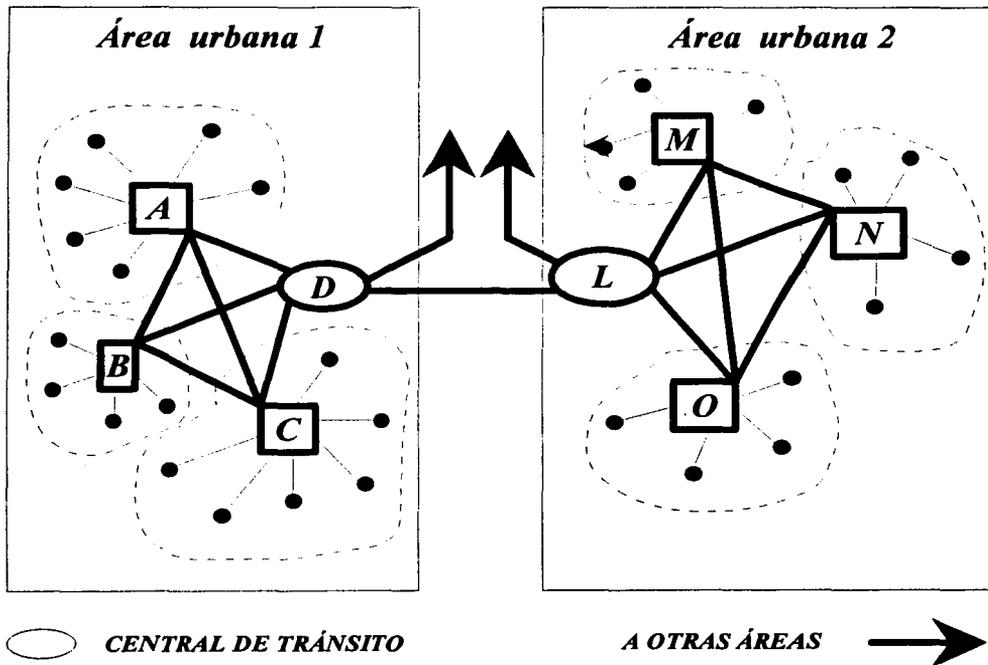


Fig. 5.10. Red troncal entre áreas circunvecinas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los elementos principales de la red troncal los constituyen los sistemas de transmisión, que utilizan diversas velocidades de transmisión y diversas tecnologías, así como equipos distribuidores de sincronía (EDS) y redes de sincronía. Las velocidades que se emplean en la

actualidad varían desde 64 Kb/s., 2.048 Mb/s., 8.448 Mb/s., 34 Mb/s., 140 Mb/s., 155 Mb/s., 565 Mb/s., 622 Mb/s., 2.5 Gb/s (Tabla 5-1), y esta por implementarse la velocidad de transmisión de 10 Gb/s., y para los equipos distribuidores de sincronía las velocidades son de 2.048 Mb/s., 2 Khz. y 8 Khz. Dentro las tecnologías de transmisión se encuentran el PCM, PDH y SDH, y por entrar en servicio el Modo de Transferencia Asíncrono o ATM (Asynchronous Mode Transfer).

TABLA 5-1

SISTEMAS PCM DE ORDEN SUPERIOR.				
ORDEN	No.CANALES ( 64 KB/S )	VELOCIDAD ( MB/S )	VEL. COMÚN ( MB/S )	TECNOLOGÍA
1º	30	2.048	2	PDH
2º	120	8.448	8	PDH
3º	480	34.368	34	PDH
4º	1920	139.264	140	PDH
5º	7680	564.992	565	PDH
STM-1	1890	155.52	155	SDH
STM-4	7560	622.08	622	SDH
STM-16	30240	2 488.32	2.5 GB/S	SDH

TESIS CON  
FALLA DE ORDEN

En la red troncal los medios de transmisión empleados principalmente son el trenzado para señales eléctricas de 2.048 Mb/s, el cable coaxial para señales eléctricas de 2.048 Mb/s., 8.448 Mb/s., 34 Mb/s., 140 Mb/s., 155 Mb/s., 565 Mb/s. y 622 Mb/s. Existen varios tipos de cable coaxial debido a la cantidad de cables agrupados en un sólo arreglo, así como sus dimensiones. Tal es el caso del mini-coaxial (Alcatel) que se puede emplear para la conexión de los pines (alfileres-terminales) de unidades hacia los paneles de conexión que apenas llegan a 3 o 4 mm. de diámetro, el coaxial estándar (Condumex) de uso común, el cable bicoaxial o cable coaxial dúplex (Ericsson), el cable multicoaxial que contiene 4 cables coaxial (Alcatel) de menor diámetro que el tipo estándar y enumerados del 1 al 4, el cable multicoaxial con 8 cables coaxial (Phillips) y el cable multicoaxial con 16 cables coaxial (Alcatel) enumerados del 1 al 16. La fibra óptica tiene su empleo para señales luminosas de

8 Mb/s., 34 Mb/s., 140 Mb/s., 155 Mb/s., 622 Mb/s. y 2.5 Gb/s.. Por otra parte, las guías de onda empleadas en la transmisión por radio, utilizan la velocidad desde 34 Mb/s. y superiores para la transmisión por microondas.

La red principal (primaria) esta constituida por cables multipar que van desde los 10 hasta los 2400 pares trenzados de cobre, aluminio o aleación (conductores suaves), forrados por una cubierta de protección plástica y que cumplen con el objetivo de enlazar la central telefónica (sección del distribuidor general -DG- o Cross) hasta las cajas de distribución.

Los cables de esta red son conocidos por cables tipo TA y TAF. Los cables TA son conductores asociados en grupos por cinta de papel y recubiertos en el exterior por tubo de plomo. Los cables TAF son como los cables TA, pero la cubierta de plomo es más delgada, además, presenta la cubierta metálica una protección de yute con una sustancia bituminosa, rodeada por una cubierta de fleje de acero y como cubierta final, una capa más de yute.

La red secundaria la constituyen cables multipar de los tipos TA y TAF, y otros tipos de cables conocidos como EKI, EKD, ASP y EKE. Estos cables se instalan de manera subterránea, aérea y mural. Los cables del tipo EKI y EKD, están cubiertos por una capa protectora de cloruro de polivinilo o PVC. Los cables tipo ASP presentan un aislamiento en hilos conductores y forro exterior de polietileno y como característica adicional posee un cable guía de acero paralelo al cable, para soportar los esfuerzos de tensión en la instalación del mismo, mediante un forro externo de polietileno. El cable tipo EKE es similar al cable tipo ASP, pero no posee el cable guía de acero, además de que su instalación es a la intemperie empotrada en muros. La red directa es similar a la red secundaria.

La línea de clientes o de usuarios es la constituida en la mayoría de las veces por cables dúplex con conductores de cobre suave, y en algunas ocasiones por cable multipar, según el caso particular de cada usuario, y tiene como objetivo enlazar al usuario hacia la central correspondiente utilizando los contactos de los mini-distribuidores en los puntos de dispersión.

La caja de distribución o mufa, es una caja de estructura metálica que contiene una capacidad de 200 o 300 pares de contactos con tornillos, donde se concentran las cajas minidistribuidoras de punto de dispersión provenientes de los usuarios. Según las necesidades del área geográfica en que se encuentran instaladas, la capacidad de la caja de

distribución puede duplicarse. Regularmente, estas cajas se instalan próximas a esquinas de avenidas principales de las localidades.

Los puntos de dispersión, son pequeñas cajas minidistribuidoras que auxilian el trabajo de las cajas de distribución y que se encuentran instaladas por lo general de manera aérea en postes telefónicos, además contienen un total de 10 pares de contactos para canalizar los usuarios circunvecinos.

En forma más precisa, las redes de telecomunicaciones están constituidas por centrales telefónicas, servidores, computadoras, sistemas de energía eléctrica y clima, sistemas de transmisión, líneas de transmisión, distribuidor general (Cross) estructurado por tablas de pines o alfileres para conexión, etc.(Fig. 5.11.).

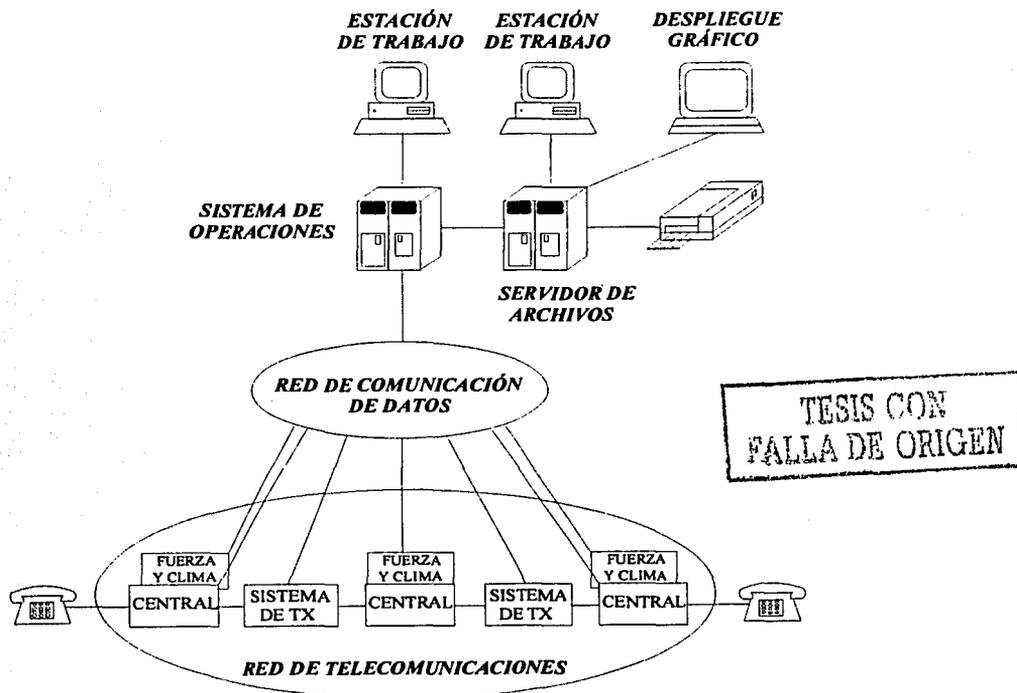


Fig. 5.11. Elementos constitutivos de las redes de telecomunicaciones.

## 5.7. TOPOLOGÍA DE REDES.

La conexión entre los diferentes nodos de una red de telecomunicaciones (Topología de redes), se puede realizar de diferentes formas, atendiendo a las necesidades específicas del área que cubre y los usuarios involucrados, así tenemos las configuraciones siguientes (Fig. 5.12):

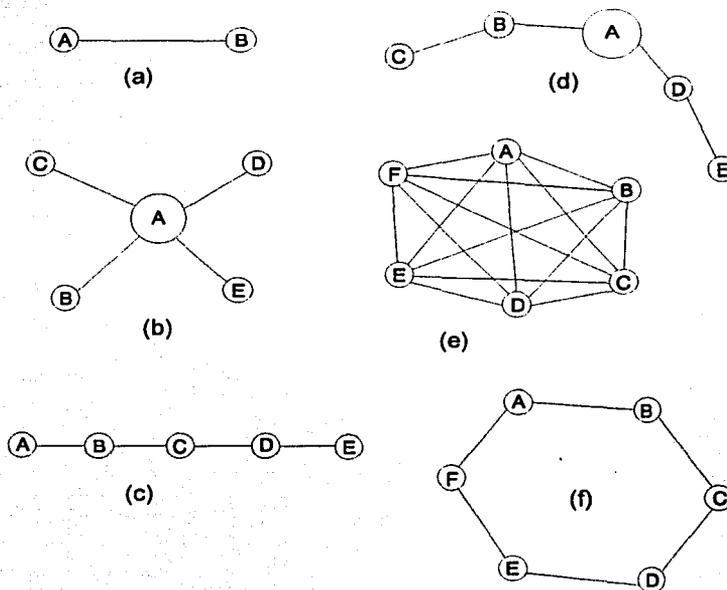


Fig. 5.12. Topología de Redes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

a) **Configuración Punto a Punto.** Es la conexión más sencilla, pues sólo se trata de enlazar los dos nodos mediante el equipo de transmisión que cada nodo posee, unidos por una línea de transmisión.

b) **Red en Configuración Estrella.** Se caracteriza por tener conectado cada uno de los nodos secundarios involucrados, a un nodo de mayor capacidad (primario). Este arreglo es

suficiente y económico para obtener un buen servicio, sin embargo, en caso de falla de alguna troncal o algún sistema de transmisión, se perdería la comunicación con los usuarios asociados al nodo secundario afectado.

c) Red en Configuración Cadena. En este caso se presenta como principal característica la conexión de los nodos uno tras otro en trayectoria lineal abierta.

d) Red en Configuración tipo Árbol o Jerárquica. Es un arreglo semejante a la red en configuración cadena, con la principal variante de que el nodo de mayor jerarquía o importancia (primario) ocupa la parte central del arreglo, y los nodos de menor jerarquía (secundarios) se encuentran conectados de manera adyacente formando una especie de ramas o brazos del nodo principal.

e) Red en Configuración Malla. En esta estructura todos los nodos involucrados presentan troncales que enlazan a todos y cada uno de los nodos restantes. De primera instancia pareciera ser complicado y costoso este tipo de arreglo, sin embargo, se garantiza la continua comunicación por contar con sistemas alternos.

f) Red en Configuración Anillo. En este tipo de configuración los nodos involucrados (primarios y secundarios) se encuentran conectados uno tras otro formando una trayectoria cerrada de tal manera que la información viaja de manera bidireccional pero en sentidos opuestos, tal que, cada nodo extrae o inserta la información que le corresponde y la demás información la transmite al siguiente nodo, y así sucesivamente con todos los nodos restantes.

La mejor estructura para ser empleada en cualquier caso la constituye una combinación de las configuraciones de malla y estrella complementadas con la configuración en anillo. La configuración de malla puede instalarse para enlazar los nodos primarios con respaldo de la configuración en anillo dada la importante capacidad de transmisión, mientras que la configuración estrella se puede usar para dar salida a los clientes conectados en los nodos secundarios. No obstante, la decisión final se toma considerando las necesidades de comunicación, los usuarios involucrados y el área geográfica en cuestión.

En una red de telecomunicaciones real, el número de nodos y la ubicación de estos se determina de acuerdo a las condiciones de densidad demográfica que se necesite satisfacer. Por consiguiente, el número total de líneas troncales entre los nodos por construir, deberá

satisfacer la demanda del servicio que pueda cubrir las necesidades de los usuarios de esa zona.

## 5.8. CONFIGURACIÓN DE NODOS.

La configuración de conexión entre nodos y usuarios descritos en las redes anteriores (topología de redes), corresponde a la red de telecomunicaciones en la modalidad de conmutación de circuitos, pues en cuanto al proceso de conmutación para la transmisión de información, existen otras modalidades conocidas como conmutación de paquetes y conmutación de mensajes empleadas principalmente en la transmisión de datos. Las redes de conmutación de mensajes, se caracterizan por transmitir todo el mensaje o documento en un sólo envío, pero pueden utilizar tanto la técnica de conmutación de circuitos, como de paquetes.

La característica primordial de una conexión por conmutación de circuitos es que al entrar en comunicación el usuario origen con el usuario destino, internamente los dispositivos involucrados en esa conexión, crean una trayectoria física y eléctrica continua antes de llevarse a cabo la transferencia de información, así, la trayectoria permanece sin interrupción durante todo el tiempo que se mantiene la comunicación entre usuarios, realizándose en forma unidireccional (simplex) o bidireccional (half-duplex o full-duplex), pero una vez finalizada la transmisión, los enlaces físicos son liberados en espera de una nueva conexión. (Fig. 5.13).

Por otro lado, las redes en la modalidad de conmutación de paquetes, al entablarse la comunicación entre usuarios, la trayectoria de comunicación no es física continua, sólo eléctrica, debido a que la información a transmitir se agrupa en cantidades discretas de elementos o paquetes de manera ordenada. (Fig. 5.14). Esta técnica de conmutación tiene como principal objetivo el uso eficiente de los medios de transmisión en sistemas multiusuarios, sobre todo con el tráfico de datos en ráfagas, pues dada sus características de operación, diferentes usuarios pueden compartir una misma trayectoria física.

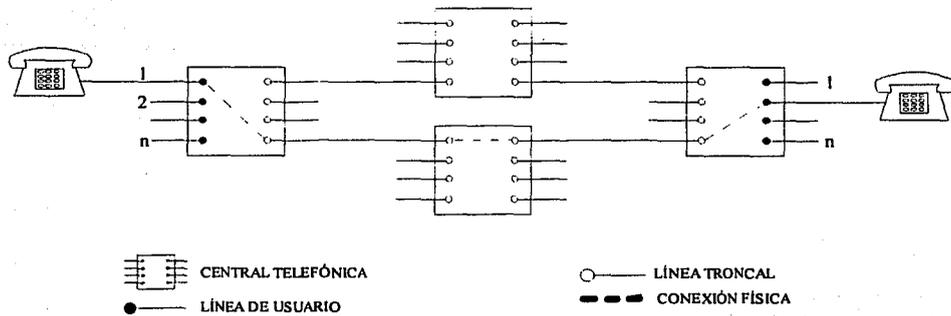


Fig. 5.13. Conexión por conmutación de circuitos.

Aunque en general las modalidades de conmutación pueden usarse en todos los casos, las redes de conmutación de circuitos se utilizan cuando se requiere una interacción muy rápida o instantánea como en el caso de las señales analógicas de audio y video, mientras que las redes de conmutación por paquetes son más eficientes cuando no se necesita de una respuesta instantánea, pero si es indispensable recibir la información sin distorsión y con gran calidad de señal, que corresponde a la comunicación para el procesamiento de señales digitales o de datos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

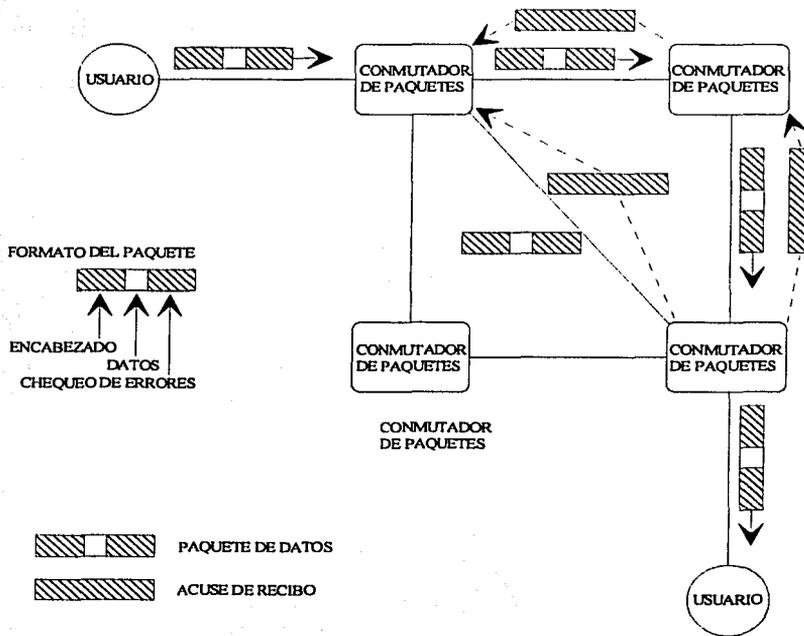


Fig. 5.14. Conexión por conmutación de paquetes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ***CAPÍTULO. 6.***

### ***IMPLEMENTACIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE.***

### 6.1. ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN.

En 1978 la **I.S.O.** (International Standards Organization) nombra un Comité para la creación de una Arquitectura de Red, la cual debería poseer la capacidad de Comunicación entre usuarios, independientemente de tipos y marcas de dispositivos utilizados para la transmisión, creando con esto el concepto de Sistemas Abiertos, es decir, sistemas tales como computadoras, mainframes, dispositivos de memoria, impresoras, módems, etc. Se entiende como Arquitectura de Red al conjunto de capas y protocolos que tienen como finalidad la solución parcial de cada nivel del problema total de comunicación y al grupo de reglas utilizadas para la comunicación entre capas homólogas de los dispositivos de los Nodos involucrados. Esto origina la creación del modelo conocido como *modelo O.S.I.* o Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnection).

Los Organismos responsables de las Normas y Recomendaciones para la Arquitectura de Red son los siguientes:

- I.E.E.E. Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- E.I.A. Electronic Industries Association.
- I.S.O. International Standards Organization.
- A.N.S.I. American National Standards Institute.
- C.C.I.T.T. Comité Consultatif International et Telegraphie.
- I.T.U. International Telecommunication Union.

Sin embargo, en la actualidad la C.C.I.T.T. es representada por la I.T.U. que es la Agencia Especializada de las Naciones Unidas en el campo de las Telecomunicaciones y particularmente se creó el Sector de Estandarización de Telecomunicaciones de la I.T.U. denominada como I.T.U.-T ( The I.T.U.- Telecommunication Standardization Sector ) que es un Organismo permanente de la I.T.U. La I.T.U.-T es la responsable del estudio técnico, cuestiones operativas y de tarifas, así como la edición de las Recomendaciones en esos rubros y la revisión de la estandarización de las Telecomunicaciones aplicables a nivel mundial.

Las Recomendaciones y Normas emitidas por The International Telecommunication Union, I.T.U.-T. (antes C.C.I.T.T.), respecto a los estándares relacionados de telefonía, telegrafía y transmisión de datos, están clasificadas, de acuerdo al área de aplicación bajo las siguientes siglas (Tabla 6-I):

<b>TABLA 6-I. RECOMENDACIONES DEL ITU-T</b>	
<b>ÁREA</b>	<b>SIGLA</b>
PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, TÉRMINOS Y DEFINICIONES	A y B
TARIFACIÓN	D y E
TELEGRAFÍA, TELEMÁTICA Y SERVICIOS MÓVILES	F
CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G y H
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN	
RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (I.S.D.N.)	I
TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN	J
PROTECCIÓN DE FACILIDADES	K y L
MANTENIMIENTO	M y N
TRANSMISIÓN TELEFÓNICA	P
SEÑALIZACIÓN EN REDES TELEFÓNICAS	Q
SERVICIOS DE TELEGRAFÍA	R
EQUIPO TERMINAL TELEGRÁFICO	S
EQUIPO TERMINAL PARA SERVICIOS TELEMÁTICOS	T
COMUNICACIÓN DE DATOS EN REDES TELEFÓNICAS ANALÓGICAS	V
REDES PÚBLICAS DE COMUNICACIÓN DE DATOS	X

## 6.2. PLANES FUNDAMENTALES.

Como en todo proyecto, es necesario la planeación y estrategia para su realización, también en el proyecto de las Redes de Telecomunicaciones, existen Planes Fundamentales que marcan las directrices para su realización y correcto funcionamiento, tanto en el aspecto técnico, como en el aspecto financiero. Así, los Planes Fundamentales para la construcción, operación y mantenimiento de las Redes de Telecomunicaciones, son:

1.- Plan de Transmisión. En este plan se contemplan los parámetros de los sistemas y medios de transmisión que pueden garantizar que la información del usuario llegara a su destino con gran calidad, tomando como base protocolos y recomendaciones emitidos por los organismos correspondientes (I.T.U.-T) que especifican límites y rangos de las señales involucradas en los procesos de conversión, para su envío al lado distante.

2.- Plan de Numeración y Enrutamiento. Mediante este plan se crean las direcciones electrónicas de numeración para la correcta identificación de los usuarios y que el equipo de Telecomunicaciones pueda identificar apropiadamente, para la selección necesaria de ruta a seguir en la creación de trayectorias de enlace entre los usuarios involucrados.

3.- Plan de Monitoreo de Uso. Plan que verifica el buen funcionamiento de la Red ya existente y proyección de la misma a futuro con la suficiente capacidad de servicio para satisfacer las demandas de los usuarios. En este plan se implementan medidas de monitoreo y mediciones de parámetros para asegurar que la Red funciona en óptimas condiciones y que llegado el caso se está en posibilidad de llegar a su expansión sin pérdida de calidad.

4.- Plan de Tarifación y Contabilidad. Comprende el aspecto financiero de las empresas de Telecomunicaciones tales como egresos, ingresos que se perciben por los servicios que brinda al usuario, y de manera particular en cuanto al equipo específico requerido para el monitoreo del uso individual de la Red para generar los recibos de cobro correspondientes.

5.- Plan de Mantenimiento. Es la estrategia a seguir para garantizar no sólo la alta calidad, sino también, de manera continua y sin interrupción, la prestación del servicio de comunicación a los usuarios.

6.- Plan de Sincronización. Dentro de las redes de Telecomunicaciones, existe el factor primordial de la sincronización, por tal motivo, el Plan Fundamental de Sincronización, contempla la sincronización de las centrales digitales para garantizar que los procesamientos de las señales de información se realicen sin deslizamientos (slips), originando que la transmisión de señales de audio, datos y video, se lleve a cabo con gran calidad, al interactuar los equipos de conmutación (centrales digitales: enlaces digitales) y transmisión (PCM, PDH, SDH) atendiendo a las Recomendaciones Internacionales (UIT-T) utilizando el Método de Sincronización Maestro-Esclavo Jerárquico (G.810), debido a la coexistencia de Tecnologías PDH y SDH.

### 6.3. ADMINISTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE TRANSPORTE.

Como en toda empresa, existen organigramas constituidos por Consejos, Direcciones, Subdirecciones, Gerencias, Departamentos y Secciones que tienen como objetivo llevar a cabo la administración de proyectos, contemplar los aspectos de Ingeniería de telecomunicaciones, construcción de obras civiles y de fuerza eléctrica (suministro de energía eléctrica), así como de almacenes y proveeduría de materiales para poder brindar un servicio de comunicaciones de alta calidad y razonable economía al usuario.

Para la construcción de la Red de Telecomunicaciones es necesario contar con Departamentos y Secciones que estén interrelacionados para la planeación, programación, ejecución de estrategias de calidad y construcción para cumplir con las fechas compromiso de puesta en servicio de los sistemas de comunicación, administración de recursos humanos, recursos materiales, equipos y herramientas necesarias para construcción y mantenimiento de las redes de Telecomunicaciones.

Las redes de Telecomunicaciones pueden construirse en zonas metropolitanas o en regiones circunvecinas a las grandes ciudades, por lo tanto, es conveniente que los Departamentos encargados de Proyectos y programación, Construcción y Supervisión Técnica, de recursos materiales, humanos y de equipo, contemplen la construcción de Red de Transporte tanto para el área metropolitana como foránea.

Para la realización de la construcción en la conexión entre los Nodos que comprenden una Red de Telecomunicaciones (para conformar alguna configuración necesaria - topología de redes), es indispensable que la Gerencia de la construcción de la Red de Transporte, mediante el Departamento de proyectos emita la **Orden de Trabajo (O.T.)** respectiva.

La Orden de Trabajo u O.T., consiste en un documento que contiene la información técnica y administrativa necesaria para poder llevar a cabo los trabajos requeridos de construcción de la red, y así tener un control técnico y administrativo de los trabajos ejecutados.

Los datos de la O.T esencialmente poseen las siguientes características:

1.- De tipo informativo.

2.- Trabajo a ejecutar.

1.- De tipo informativo.

a).- Nombre del Departamento que emite la O.T. (Proyectos).

b).- Número de grupo a que pertenece la O.T.

c).- Número de O.T., ya que existen muchos trabajos a realizar dentro de ese grupo.

d).- Nombre de la división a la que pertenece el trabajo a realizar, bien sea en el área metropolitana o foránea.

e).- Nombre del proyectista.

f).- Nombre del supervisor o encargado del proyecto.

g).- Nombre de la persona que autorizó.

2.- Trabajo a ejecutar.

a).- Lugar y fecha de la edición de la O.T.

b).- Nombre del Departamento encargado de ejecutar el trabajo.

c).- Nombre de la Central Telefónica donde se debe realizar el trabajo.

d).- Descripción de los trabajos a efectuar. En esta sección se deben describir las acciones a realizar, la marca y tipo del equipo a emplear, capacidad de transmisión y nombre del o los enlaces a construir si es necesario.

e).- Descripción y cantidades de los materiales y equipos a utilizar.

f).- Descripción con esquemas, diagramas, tablas y planos de lugares y secciones a utilizar en la ejecución del trabajo.

g).- Describe los nombres de Departamentos involucrados en ese trabajo (mantenimiento, construcción, proveedor, etc.), para construcción, supervisión y mantenimiento del trabajo a realizar.

h).- Al término de la ejecución del trabajo se solicita que sea inspeccionado por personal correspondiente (mantenimiento), así como se somete a prueba todo el trabajo realizado atendiendo a un protocolo de pruebas donde se registren los

resultados obtenidos verificando que se cumplan con los valores y tolerancias especificadas, para la puesta en servicio del trabajo.

#### 6.4. RED DE TRANSPORTE POR SISTEMAS PUNTO A PUNTO.

Entiéndase un sistema punto a punto el arreglo de equipos de transmisión y líneas de transmisión que como característica principal presentan un enlace para la conexión de dos nodos distantes; este enlace puede efectuarse mediante equipos de diversas velocidades de transmisión de 2 Mb/s, 8 Mb/s, 34 Mb/s, 140 Mb/s, 155 Mb/s (STM-1), 565 Mb/s, 622 Mb/s (STM-4) ó 2.5 Gb/s (STM-16), con tecnologías de PCM, PDH ó SDH y utilizando en las líneas de transmisión par trenzado de cobre, cable coaxial o Fibra Óptica.

De acuerdo a estas características, la red de transporte por sistemas punto a punto pueden clasificarse según lo muestra la Tabla 6-II.

<b>TABLA 6-II. CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS PUNTO A PUNTO.</b>			
<b>ORDEN</b>	<b>VELOCIDAD DE TX</b>	<b>MEDIO DE TX (ENTRADA/SALIDA)</b>	<b>TECNOLOGÍA</b>
1°	2.048 Mb/s	PAR TRENZADO/COAXIAL	PCM
2°	8.448 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH
3°	34.368 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH
4°	139.264 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH
5°	564.992 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH
STM-1	155.52 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH/SDH
STM-4	622.08 Mb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	PDH/SDH
STM-16	2.488 320 Gb/s	COAXIAL/FIBRA ÓPTICA	SDH

## 6.4.1. SISTEMAS DE PRIMER ORDEN (2 MB/S).

Un sistema PCM de primer orden o de 2 Mb/s puede implementarse considerando como medio de transmisión al par trenzado de cobre o bien utilizando la red troncal constituida por Fibra Optica. Para el caso de emplear al par trenzado de cobre como el medio de transporte, la Fig.6.1a muestra el diagrama a bloques de las partes que lo constituye. Cabe aclarar que el par trenzado de cobre se utiliza tanto para la transmisión de señales analógicas como para señales digitales.

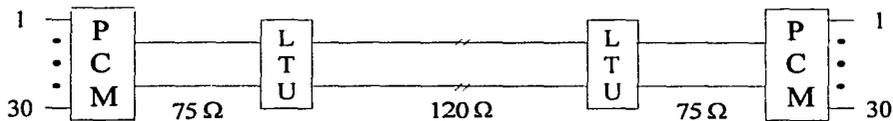


Fig. 6.1a. Enlace punto a punto a base de línea de cobre.



Fig. 6.1b. Enlace punto a punto usando la red de transporte.

Aunque en las figuras anteriores no se ilustra el enlace para el proceso de señales analógicas con medios de transmisión analógicos, si es posible su construcción, pero debido al avance tecnológico y las enormes ventajas que representa el procesamiento de señales digitales, en la actualidad es mucho mejor y más económico el empleo y proceso de señales digitales, sin embargo puede darse la combinación de procesos analógico-analógico-analógico y analógico-digital-analógico (PCM).

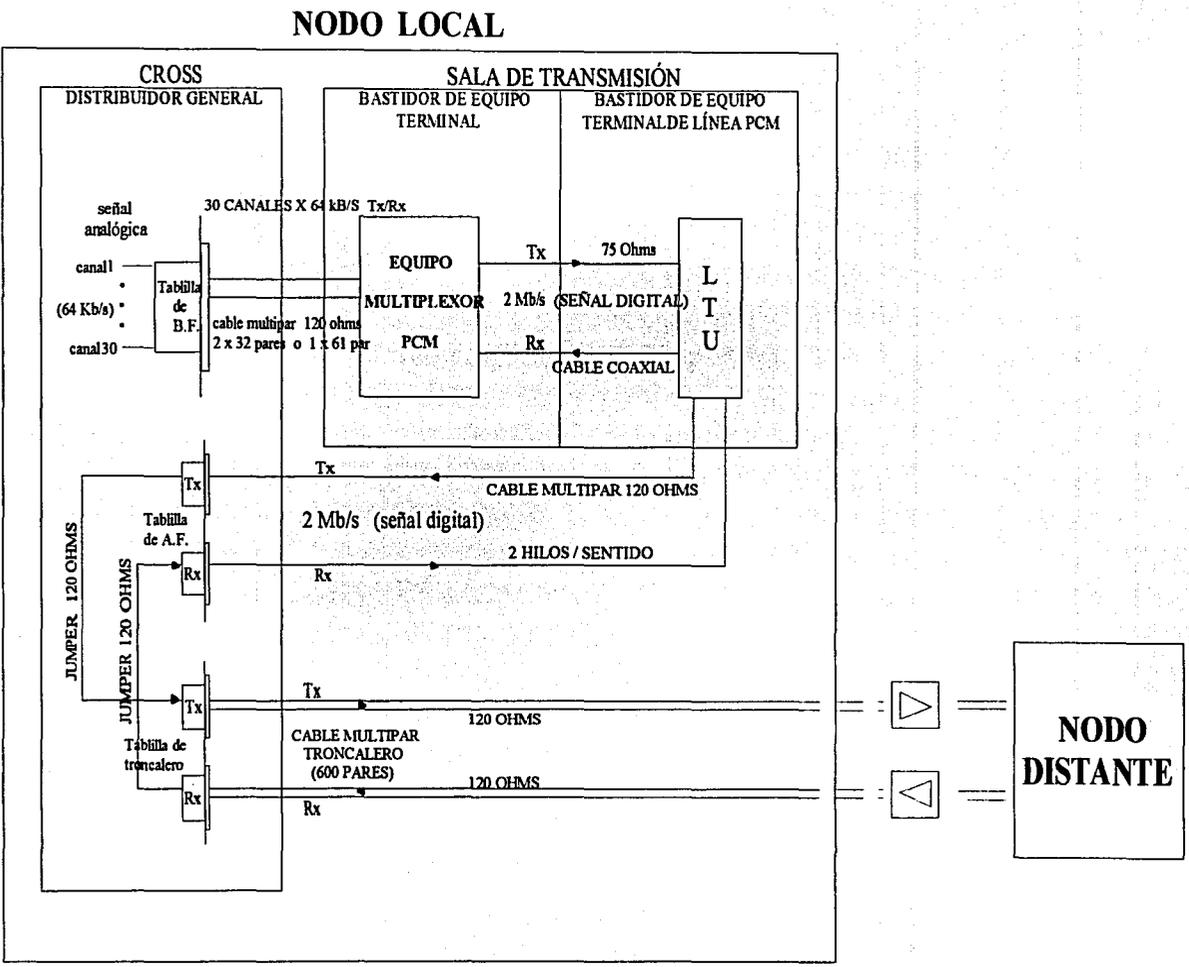
El inicio de nuestro sistema PCM de 1er. Orden empleando cualesquier medio de transmisión (en este ejemplo se usa el par de cobre), se da en la sección del distribuidor general o Cross, con las tablas de conexión de baja frecuencia (64 Kb/s por canal) ya sea

del tipo de pino o Versablock donde se conectan con cable multipar para 30 canales (Tx y Rx) hacia el equipo multiplexor o Mux, respetando el código de colores del cable para garantizar la identificación y correcta conexión de los pines de la tablilla con la correspondiente sección de conexión de baja frecuencia del equipo Multiplex (Fig. 6.2).

El Distribuidor General (D.G.) o Cross, es la sección de la Central Telefónica en las que convergen las líneas de usuarios proveniente de la vía pública (desde 10 hasta 2400 pares de hilos trenzados de cobre), las líneas del equipo de conmutación de la central y las líneas de baja frecuencia (B:F) de los equipos Múltiplex de PCM, todas operando a la velocidad de 64 Kb/s. Este arreglo matricial esta conformado por renglones y columnas de perfiles metálicos clasificados como verticales y niveles en los que pueden instalarse las tablillas de pino y versablock para el remate de los cables multipar provenientes de los equipos de transmisión o conmutación. Si la necesidad lo exige, pueden instalarse tablilla para Intercross, que son tablillas que se instalan instaladas en salas diferentes de Cross conectadas en correspondencia uno a uno mediante un cable multipar, para dar facilidad de conectar a las líneas de 64 Kb/s de salas de D.G. diferentes. Por todo esto, es necesario que al rematar cada línea de 64 Kb/s se especifiquen las coordenadas de vertical y nivel de la tablilla de baja frecuencia, así como los números de canal requeridos.

Las tablillas de B.F. se utilizan como puntos de conexión para enlazar las líneas de usuarios con el equipo de conmutación (circuitos conmutados) o con los sistemas de transmisión de PCM directamente (circuitos dedicados).

Cuando las señales analógicas provenientes de los 30 canales de la tablilla de baja frecuencia (B.F.) en el Cross llegan al equipo Multiplex de PCM se llevan a cabo internamente los procesos de filtraje, muestreo, cuantificación, codificación, multiplexación, conversión de señal binaria a bipolar mediante los códigos de línea, y regeneración de la señal con la adaptación a la línea de transmisión mediante la LTU para su envío al nodo distante mediante unidades regeneradoras intermedias ubicadas en la vía pública (instaladas a una distancia promedio entre 800 y 1000 mts.). La señal de 2 Mb/s al llegar al nodo distante es procesada primeramente por la unidad terminal de línea (LTU) para luego que el equipo terminal realice el proceso de demultiplexación, o sea, la reconstrucción de las señales analógicas originales. (ver Fig. 3.1).



TESIS CON FALTA DE ORIGEN

Fig. 6.2. Estructura física de un sistema PCM de 2Mb/s con par de cobre como línea de transmisión.

La Fig. 6.3 muestra el arreglo para un grupo de 30 usuarios a 4 hilos, 2 hilos para transmisión (también denominado Modulación o simplemente Mod) y 2 hilos para recepción (Demodulación o Dem). Sin embargo, el arreglo más común es el canal de usuario a sólo 2 hilos y es bidireccional. Para este caso es preciso contar con un dispositivo divisor conocido como transformador híbrido que es el encargado de realizar la comunicación bidireccional, además de contar con el equipo multiplexor propiamente dicho.

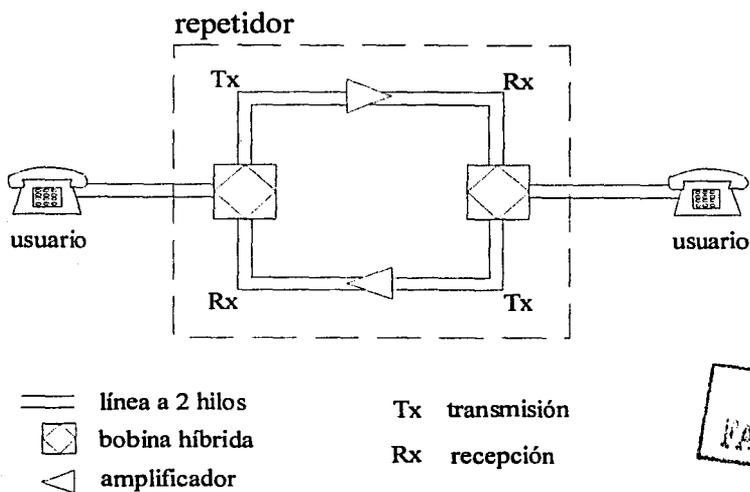


Fig. 6.3. Circuito convertidor de 2 a 4 hilos de un sistema PCM.

El transformador híbrido o bobina híbrida realiza la conversión bidireccional de 2 hilos del usuario a 2 circuitos unidireccionales de 2 hilos cada uno dando origen a lo que se conoce como un sistema de comunicación a 4 hilos. De esta manera, se tiene que para distancias cortas una línea de abonado a 2 hilos bidireccional es suficiente, pero para distancias largas que requiere amplificación intermedia, es mejor la conversión a 4 hilos mediante el transformador híbrido, con el empleo de unidades regeneradoras intermedias y lograr alcanzar así distancias de varios kilómetros, pues con los regeneradores se logran construir circuitos unidireccionales con uno o hasta 20 puntos regeneradores intermedios. El

detalle de este tipo de arreglos es que los regeneradores o repetidores de línea al poseer circuitos amplificadores pueden ocasionar que la señal a regenerar no tenga la suficiente potencia a la salida y al llegar al próximo punto de regeneración el nivel de la señal sea insuficiente y se compare con el nivel de ruido, lo que ocasionaría una recepción de señal de pésima calidad y se incurriría en errores al momento de la recuperación de la señal de información. Por otro lado, si los regeneradores se ubican muy próximos o poseen un alto grado de amplificación, se llevaría el circuito a la inestabilidad, situación que provocaría el fenómeno conocido como diafonía en canales adyacentes consecuencia de la inducción electromagnética. La diafonía es la magnitud de la señal que se percibe en canales adyacentes del canal considerado. Por lo tanto, es conveniente que para un circuito a 4 hilos sea necesario el ajuste de los amplificadores, circuitos de acoplamiento de impedancia y circuitos de alimentación de los regeneradores antes de incluirlos en las líneas de transmisión por par de cobre trenzado o también conocido como par físico de líneas PCM.

#### 6.4.2. SISTEMAS DE ALTO ORDEN.

Dadas las necesidades de crecimiento de líneas troncales para satisfacer la demanda de usuarios de los servicios de comunicación, la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH) se implementa para evitar la excesiva construcción de enlaces de 2.048 Mb/s llamados de Primer Orden (que sólo contienen 30 líneas de 64 Kb/s) en la combinación de 4 señales de estas para dar origen a una señal de más alta velocidad de 8.448 Mb/s (entrelazando la información bit a bit). Sin embargo, la creación de esta nueva velocidad no es suficiente en algunos casos, para cubrir los requerimientos de servicios, por lo que se desarrollan sistemas de altos niveles de multiplexación dando cavidad a líneas troncales de mayor velocidad como son 34 Mb/s, 140 Mb/s y 565 Mb/s. A todo este conjunto de líneas troncales Multiplexadas desde 2 Mb/s hasta los 565 Mb/s con tecnología PDH se conoce como Sistemas de Alto Orden. (Fig. 6.4).

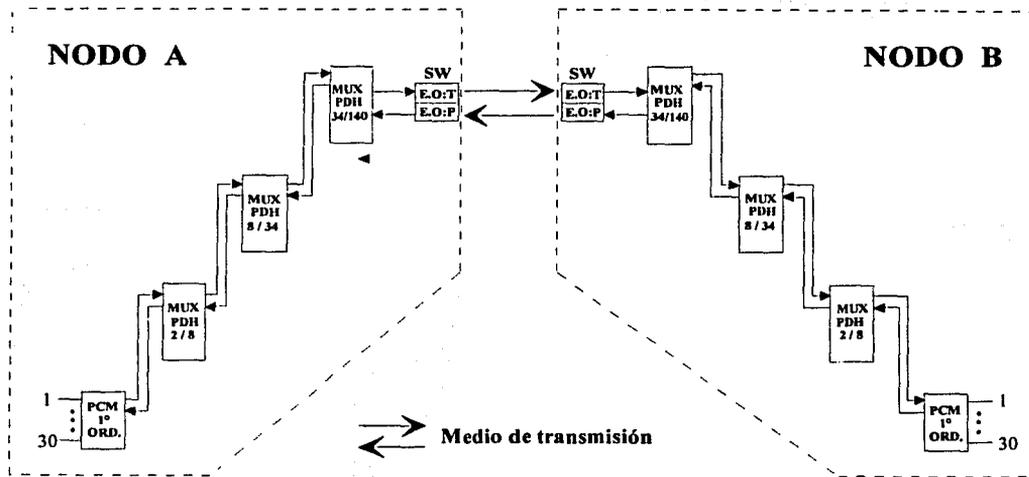


Fig. 6.4. Diagrama a bloques de un Sistema de Alto Orden.

La Fig. 6.4. muestra en diagrama a bloques un Sistema de Alto Orden iniciando con un equipo múltiplex PCM de Primer Orden de 30 canales de 64 Kb/s cada uno, la integración de las líneas troncales de Orden Superior y los equipos complementarios de transmisión y recepción, en este caso para una velocidad de 140 Mb/s, para enlazar a un Nodo distante cualesquiera. De esta figura se considera la necesidad de identificación de todas y cada una de las líneas troncales de las diversas velocidades, bien sea en identificación numérica o alfanumérica para la correcta conexión, supervisión y mantenimiento de las mismas, atendiendo a las velocidades de operación como lo muestra la Tabla 6-III. y las Fig. 6.5a y 6.5b.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<b>TABLA 6-III VELOCIDAD Y DESIGNACIÓN.</b>	
<b>VELOCIDAD</b>	<b>SIGLAS</b>
64 Kb/s	E0
2.048 Mb/s	E1
8.448 Mb/s	E2
34.368 Mb/s	E3
139.264 Mb/s	E4
564.992 Mb/s	E5
155.52 Mb/s	SM01
622.08 Mb/s	SM04
2.488 320 Gb/s	SM16

La Fig. 6.6., muestra el diagrama físico de un sistema de transmisión constituido por BDTD, equipo múltiplex de Alto Orden de 2 Mb/s a 140 Mb/s PDH, equipo de conmutación de protección, equipo terminal de línea óptica y el Bastidor Distribuidor de Fibra Óptica (BDFO) para conformar un Sistema de Transmisión de Alto Orden con Equipo terminal Óptico de 140 Mb/s en Configuración 1+1, pero puede implementarse un sistema en configuración N+1, donde N representa el número de emisores ópticos de trabajo y +1 especifica que existe un emisor óptico de reserva. En algunos casos N pueden ser 6 ó hasta 12 emisores ópticos de trabajo. Esto significa que el equipo de conmutación de protección tiene la capacidad de proteger los N emisores ópticos de trabajo de tal manera que si se presentase el problema de que algún emisor óptico de trabajo registra problemas, bien sea de interrupción del rayo laser (ruptura de la fibra) durante el trayecto de la fibra óptica de un Nodo a otro, o bien por impurezas o degradación del laser reflejado en recepción de una señal óptica con alta tasa de errores, pérdida de alimentación, etc., entonces, el tráfico que circula por el emisor de trabajo (señal eléctrica de 140 Mb/s) se conmutara al emisor de reserva, generándose las alarmas correspondientes de urgencia por parte del emisor dañado y de conmutación por parte del equipo de protección, pues bajo estas condiciones, el resto de los emisores ópticos de trabajo quedarán desprotegidos.

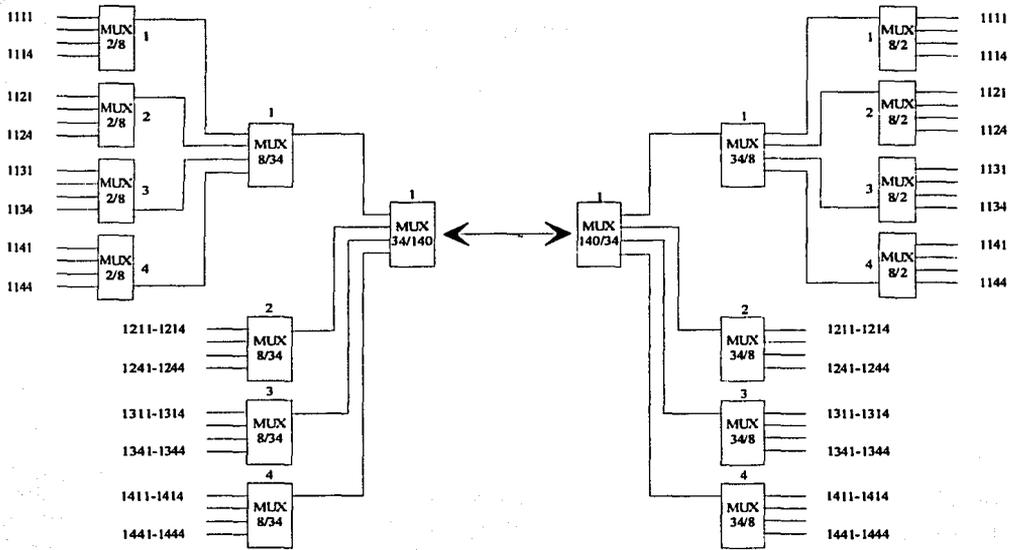


Fig. 6.5a. Identificación numérica de líneas troncales.

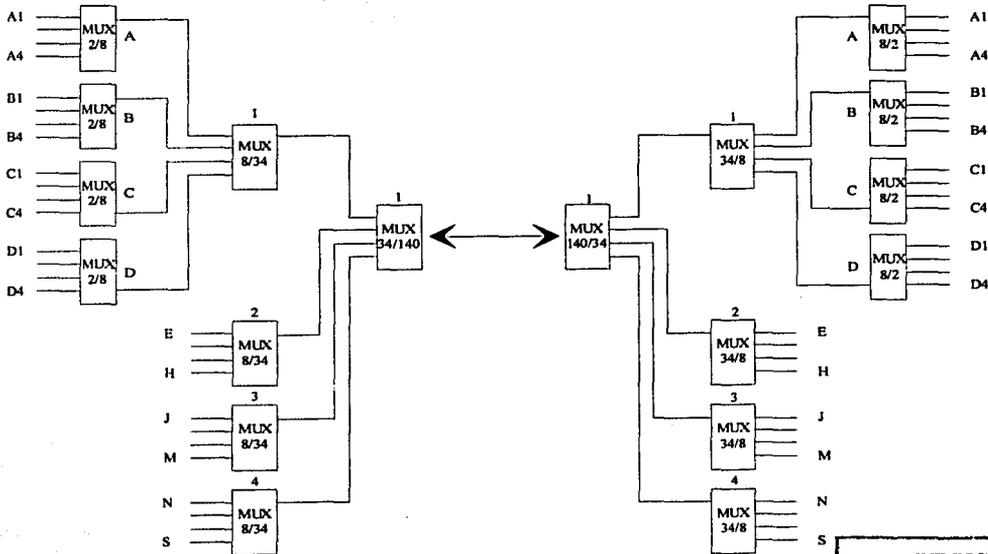


Fig. 6.5b. Identificación alfanumérica de líneas troncales.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

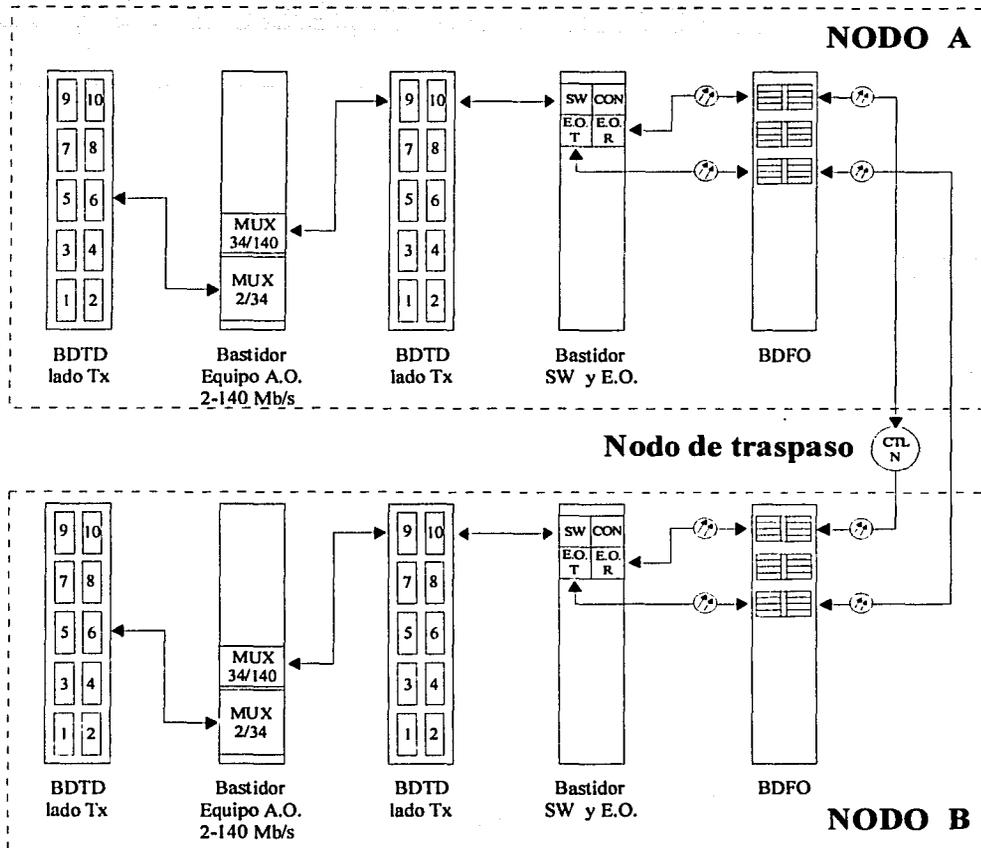


Fig. 6.6. Conexión de enlace PDH en configuración 1+1.

Un sistema de alto orden su implementación tiene origen en un BDTD (Bastidor Distribuidor de Troncales Digitales). Es una estructura metálica que puede contener 8, 10 o 12 regletas o tabllas con perforaciones por pares de tamaño adecuado para la instalación de conectores hembras de 75 Ohms desbalanceado BNC (British National Connector) o amphenol, que brindan la posibilidad de conectar en forma ordenada los cables coaxiales provenientes de los equipos de transmisión, en los sentidos de Transmisión (Tx) y Recepción (Rx), además, tiene la facilidad de identificar con etiquetas autoadheribles la ruta, el número

TRIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

y la velocidad del sistema de que se trate. El tamaño del Bastidor Distribuidor de Troncales Digitales (BDTD) con la cantidad de tablillas, se debe seleccionar de acuerdo a las necesidades de cada Nodo, sin embargo, las dimensiones típicas del BDTD (60 cm de ancho, 25 cm de profundidad y 268 cm de alto) contienen un total de 10 tablillas con 19 pares de espacios para los conectores hembras BNC. (ver Fig. 6.6).

Por lo general, las tributarias de 2 Mb/s que constituyen un sistema de Alto Orden (I), bien sea la tributaria No. 1 con identificación 1111 en el modo numérico, o A1 para el modo Alfanumérico, se puede instalar en la tablilla No. 2, contacto No. 1, continuando con los contactos de las tablillas 4, 6 y 8 hasta la tributaria 1444 ó S4 que corresponde a la tablilla 8, y contacto 7, completando un total de 64 sistemas de 2 Mb/s bidireccional, y reiniciando nuevamente en la tablilla 8 contacto 8 para A1, hasta la tablilla 10 contacto 12, tributaria F4, el siguiente Alto Orden (II), prosiguiendo en la tablilla 1, contacto 1, tributaria G1 hasta completar este nuevo Alto Orden en la tablilla 5, contacto 2, tributaria S4, y así sucesivamente hasta la tablilla 9, contacto 12. Las tablillas 9 y 10 a partir de los contactos 15 al 19 se pueden utilizar para el remate de los cables coaxial de Tx y Rx de las velocidades de 140 Mb/s provenientes del equipo multiplexor de Alto Orden y los cables coaxial de Tx y Rx que van hacia el equipo de conmutación de protección respectivamente. Sin embargo, si se prefiere, se puede iniciar la instalación de las tributarias de 2 Mb/s desde las tablillas impares en lugar de las pares.

En el equipo multiplexor PDH (Mux/Demux) se tienen las señales de tributarios en forma bidireccional de 2 Mb/s provenientes del BDTD (A1, ... S4) y a la salida la señal de 140 Mb/s también bidireccional (Tx, Rx) hacia la tablilla 9. Se realiza un enlace hacia los correspondientes contactos de la tablilla 10 para proseguir la señal de Alto Orden hacia el equipo de conmutación para que pueda realizarse la función de protección en caso necesario. A la salida del equipo de conmutación la señal eléctrica de 140 Mb/s prosigue en dirección del equipo emisor óptico para en este equipo terminal llevarse a cabo la conversión a una señal óptica de 140 Mb/s, y mediante un par de jumpers ópticos canalizar la señales luminosas de Tx y Rx hacia el Bastidor Distribuidor de Fibra Óptica (BDFO), donde se encuentran conectados los cables multifibra óptica (con 6, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 fibras ópticas) que van hacia la vía pública y que conectan al BDFO del Nodo local, con el BDFO del Nodo remoto. Los jumpers ópticos poseen longitudes variadas que van desde 0.5

mts., hasta los 30 mts., y pueden estar terminados en conectores ópticos del tipo Radial, D4 y FC, bien sea en combinación Radial-FC, D4-FC y el más común FC-FC, pues por lo general el equipo óptico posee algún tipo de conector terminal, pero los contenedores de las repisas del BDFO estándar es del tipo FC. La Fig. 6.6., muestra el diagrama a bloques de la salida óptica de un sistema de Alto Orden a 140 Mb/s, un BDFO con la distribución de repisas, contenedores e información de un enlace punto a punto PDH en configuración 1+1.

## 6.5. SISTEMAS DE ALTA VELOCIDAD PDH / SDH.

### 6.5.1. LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH - SDH).

La Jerarquía Digital Síncrona ( SDH ) es un tipo de tecnología de transmisión que permite el procesamiento de señales PDH, bien sea bajo la norma europea o americana, lo que permite por consiguiente, el transporte de señales de 2.048 Mb/s o de 1.544 Mb/s, tanto en señales únicas como multiplexadas tal como se presentan en los sistemas de Alto Orden de 34 Mb/s o 140 Mb/s.

Las principales ventajas son:

- 1.- Es posible la inserción y extracción de señales de tributarios Plesiócronicas o Síncronas, sin llegar a demultiplexar toda la señal de línea.
- 2.- Facilidad para operar en configuración o topología de red Punto a Punto, tipo Bus, configuración Hub o en arreglo de Red de Anillos unidireccional o bidireccional.
- 3.- Permite el monitoreo y supervisión del equipo de una manera fácil y confiable.
- 4.- Presenta compatibilidad con otros equipos y sistemas.
- 5.- Además de la transmisión de voz, puede transportar señales de datos y video.

Atendiendo a las principales ventajas que presenta la tecnología SDH y de acuerdo a las necesidades de servicio dentro de alguna zona geográfica en particular, se pueden diseñar e implementar las diferentes configuraciones considerando la compatibilidad de sistemas PCM, PDH y SDH como a continuación se describen.

La Fig. 6-7., muestra en diagrama a bloques el acoplamiento de señales tributarias entre los equipos de PCM, PDH y SDH con salida de señales de línea de alta velocidad.

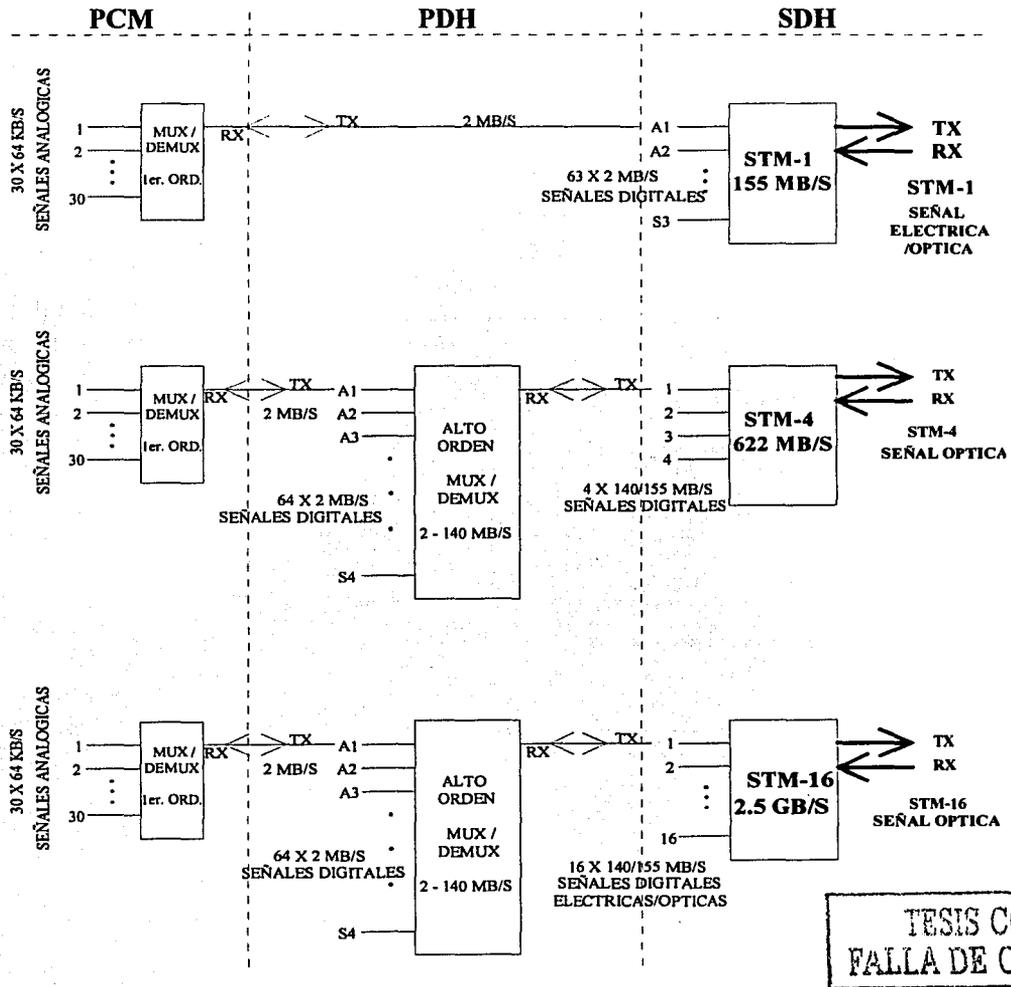
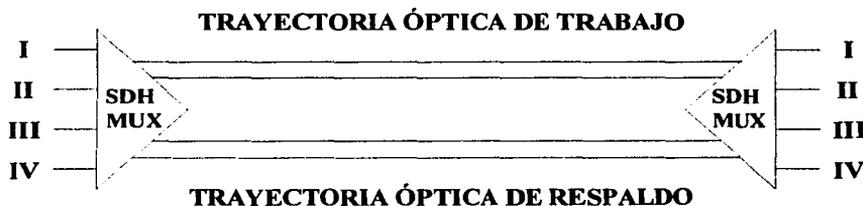


Fig. 6.7. Diagrama a bloques del acoplamiento de señales PCM, PDH y SDH.

### 6.5.2. CONFIGURACIÓN PUNTO - PUNTO.

El diseño e implementación de la Red de Transporte utilizando tecnología SDH como Multiplexores Síncronos de alta capacidad, lo constituye la topología de Punto a Punto (Fig. 6.8), en donde las señales a transmitirse (tributarias), bien sean señales de 2 Mb/s provenientes del equipo Múltiplex PCM de Primer Orden, o la señal digital proporcionada por el equipo de conmutación de la central, son multiplexadas en un extremo por el equipo múltiplex SDH para conformar una carga de transporte STM-1 de carácter eléctrico u óptico, o señales digitales (tributarias) de 140 Mb/s o 155 Mb/s, eléctricas u ópticas o combinación de ambas, para la formación de la carga de transporte STM-4 o STM-16 en la modalidad óptica, la que es canalizada mediante fibra óptica a través de la vía pública, hacia el multiplexor síncrono SDH distante, el que recibe la carga correspondiente y la demultiplexa entregando las señales originales.



**I,II,III,IV: TRIBUTARIAS**

RESERVA  
FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.8. Sistema punto a punto con protección de trayectoria.

En este tipo de configuración también se implementa la línea de protección, canalizada por medio de un enlace de protección o respaldo, donde el trayecto óptico se proyecta de tal forma que sea diferente en su totalidad respecto al trayecto de la línea de trabajo o principal, esto es con la finalidad que si en algún momento dado el cable multifibra del trayecto óptico de trabajo sufre alguna ruptura por algún evento o accidente que ocurriese en la vía pública (realización de obras públicas como excavación, o incendio, etc.), el equipo de protección conmute el tráfico existente a la línea de protección de manera

automática y se mantenga el servicio de manera continua y eficiente, y además se manifieste inmediatamente las alarmas necesarias en el equipo de supervisión para reparación y pronto restablecimiento de la línea principal.

### 6.5.3. TOPOLOGÍA DE BUS.

Esta configuración es semejante al tipo de Punto a Punto, con la característica de que en punto intermedios a lo largo de la ruta óptica se emplea un determinado número de equipos SDH en la modalidad de Multiplexor de Inserción - Extracción (ADM: Add-Drop Multiplexer) de señales tributarias, mientras que en los puntos extremos los equipos SDH se utilizan como Multiplexores Síncronos o Multiplexor Terminal de Línea (Line terminal Multiplexer) (Fig. 6.9). Bajo este arreglo se tiene la facilidad de enviar señales de información (tráfico) desde los Nodos intermedios hacia ambos Nodos extremos del enlace. Por otro lado, también se cuenta con línea de protección para cada tramo de la ruta.

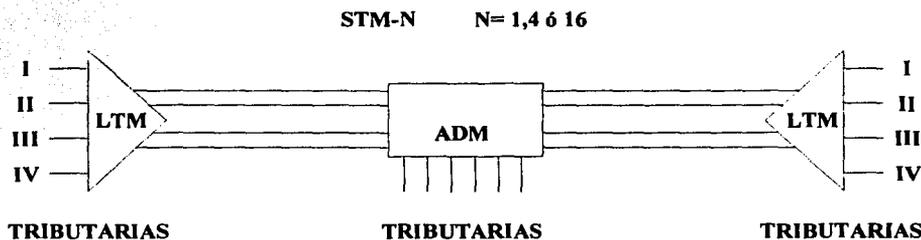


Fig. 6.9. Diagrama a bloques de Topología de Bus.

### 6.5.4. CONFIGURACIÓN EN ANILLO.

El arreglo de redes SDH en anillo se creó para áreas en donde se necesita además de alta capacidad de transmisión, una gran confiabilidad del servicio de Telecomunicaciones, ya que dicha configuración presenta las características de enlace de trabajo soportado por

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

un enlace de reserva en modo automático y manual, dando con esto la garantía de la continuidad del servicio, aún en caso de presentarse algún problema en la línea principal.

En base a las características de funcionalidad del anillo, se han definido dos arquitecturas:

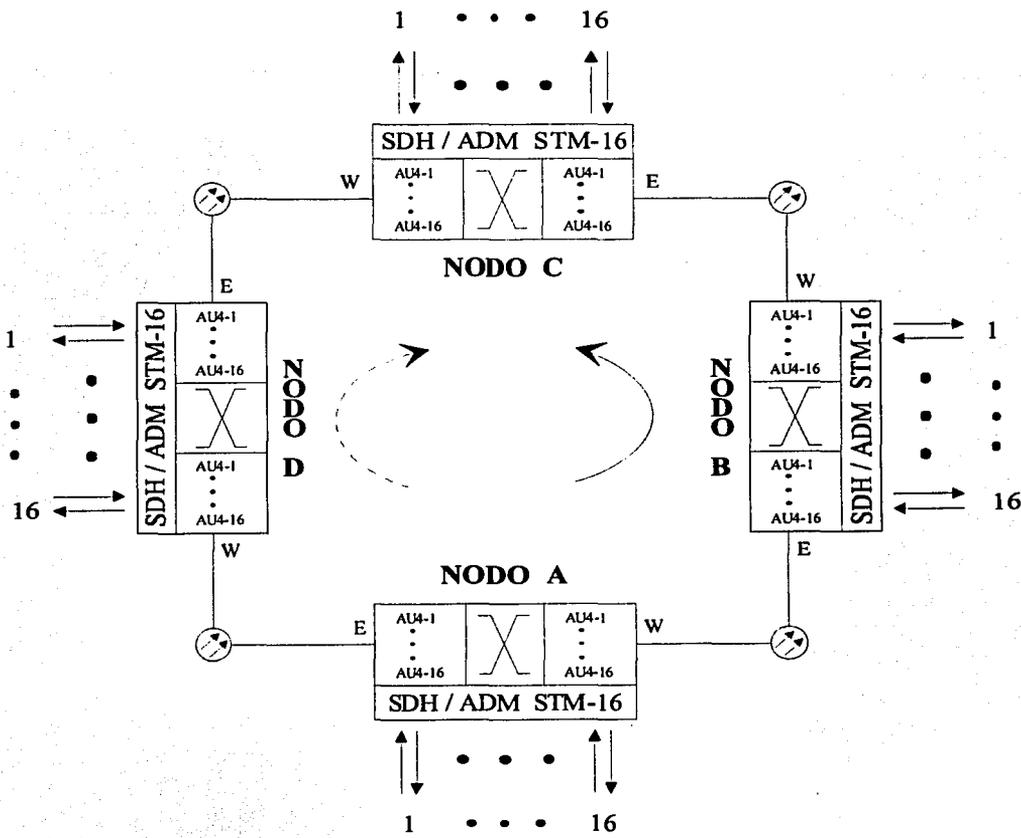
- 1.- Anillo unidireccional.
- 2.- Anillo bidireccional o conmutado compartido.

#### 6.5.4.1. Anillo unidireccional.

Un arreglo de anillo unidireccional implica el empleo de equipos multiplexores de inserción-extracción (ADM / SDH) en cada uno de los Nodos que integran el anillo, unidos por el correspondiente enlace de Fibra Óptica con los sentidos de Transmisión y Recepción a ambos lados del equipo Multiplexor (W: West, y E: East). En el anillo unidireccional (conmutación en un solo sentido: Rx), en el sentido de transmisión, la información se canaliza tanto por la fibra de transmisión del agregado óptico de trabajo, como por la fibra de transmisión del agregado óptico de reserva hacia el Nodo configurado (mediante un Software especial) para recibir dicha información, llevándose a cabo la recepción de la señal por medio de un circuito selector tomando como directrices de selección, estándares de calidad o detección de fallas de trayecto (Fig. 6.10). A este proceso de respaldo se conoce como **Conmutación de Protección de Trayecto**.

La conmutación por protección de trayecto (autorespaldo) es un proceso simple y puede observarse a partir de la Fig. 6.11. En este caso en particular, se tiene el envío y recepción de información del Nodo A al Nodo B (A-B), y del Nodo B al Nodo A (B-A), es claro que los Nodos A y B son elementos de red protegidos del lado (E), puesto que si la señal proveniente de B (B-A) por alguna circunstancia es de mala calidad (alta tasa de errores o pérdida de trama) o existe falla en el trayecto normal (ruptura de fibra vía nodos C y D), el Nodo A en el sentido de recepción, conmutara en el circuito selector para recibir la señal B-A ahora por el lado (W). De igual forma, el Nodo B también se encuentra bajo situación similar, pues si no se recibe la señal A-B por el agregado óptico (E), el circuito selector

realizará la conmutación hacia el agregado óptico (W). Por tal motivo, se dice que la configuración de este anillo, a nivel de agregados ópticos, posee protección del (E).



1...16: TRIBUTARIOS STM-1 (ÓPTICOS Y/O ELÉCTRICOS)

- ➔ RUTA ÓPTICA DE TRABAJO
- ➔ RUTA ÓPTICA DE RESPALDO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.10. Anillo unidireccional con 4 nodos y equipo SDH/ADM STM-16.

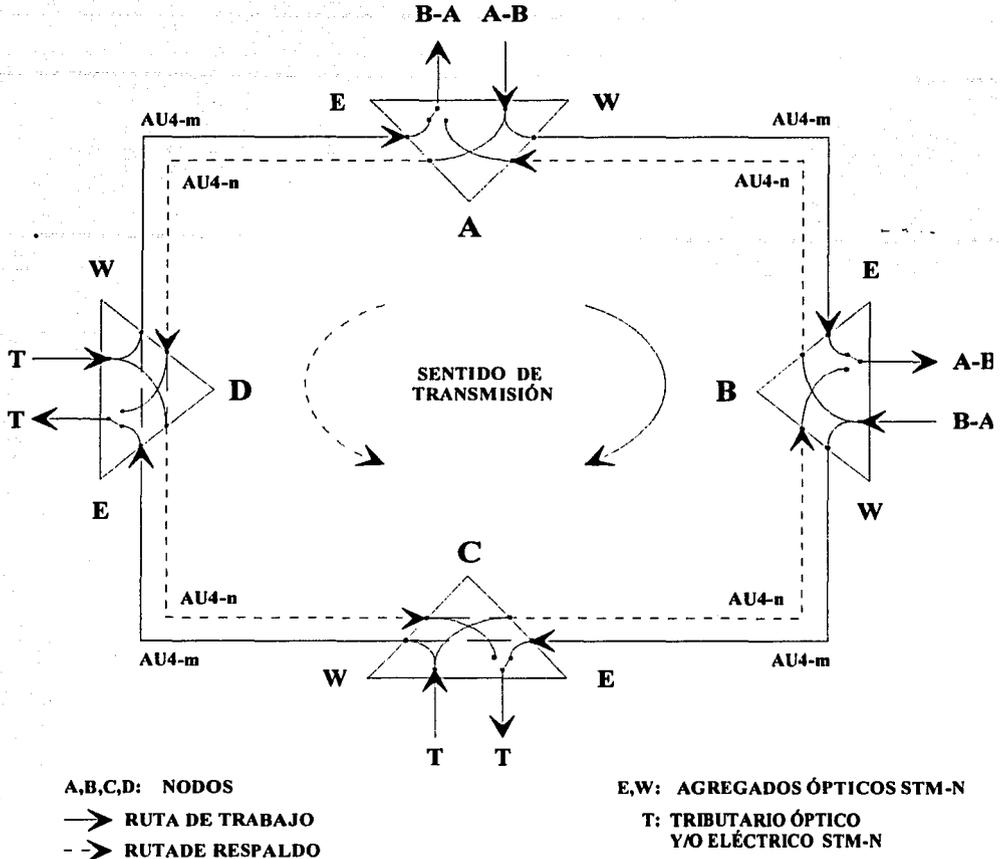


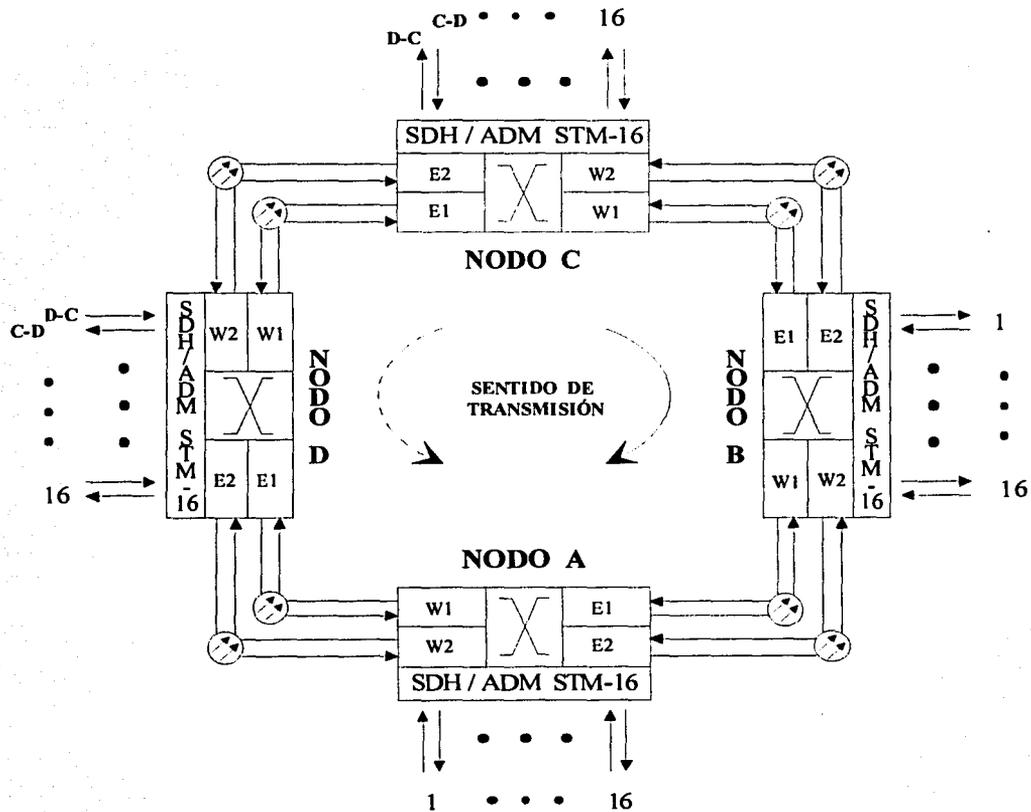
Fig. 6.11. Anillo unidireccional con protección de trayecto.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

6.5.4.2. Anillo Bidireccional.

Un anillo bidireccional (conmutado en ambos sentidos, Tx y Rx) conocido también como Anillo Conmutado Compartido se debe a que comparte la necesidad de protección ubicada a todo lo largo del anillo. A diferencia del anillo unidireccional, en este caso al presentarse la falla, los conmutadores de protección actúan de tal forma, que canalizan el

tráfico de la ruta dañada a la trayectoria óptica en buenas condiciones, tanto en el sentido de transmisión como de recepción. (Fig. 6.12). Por otro lado, se dice que la función de autorespaldo en caso de falla de la línea principal, se efectúa conmutando la señal de información al enlace de respaldo del anillo, ejecutado por los equipos multiplexores que detectan la falla.



- 1...16: TRIBUTARIOS STM-1 (ÓPTICOS Y/O ELÉCTRICOS)
- ➔ RUTA ÓPTICA DE TRABAJO
- ➔ RUTA ÓPTICA DE RESPALDO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Fig. 6.12. Anillo bidireccional con protección de trayecto.

Atendiendo a las necesidades de brindar un servicio de calidad y mayor capacidad a los usuarios de una zona de grandes magnitudes como las áreas Metropolitanas y con apoyo de Tecnología de Punta en Telecomunicaciones, se han creado redes de una estructura sumamente compleja involucrando Nodos Secundarios y Primarios (Tandem) en donde se opera bajo un orden jerárquico y de niveles inferiores si es necesario, constituyendo con esto una Red de Telecomunicaciones sobre sistemas de alta y muy alta capacidad de transmisión con los Nodos Tandem, comunicándose entre sí y enlazando los nodos adyacentes de menor capacidad tales como los Nodos Secundarios o Centrales Locales. La Fig. 6.13. muestra una estructura de **Red de Telecomunicaciones de Topología Mixta**.

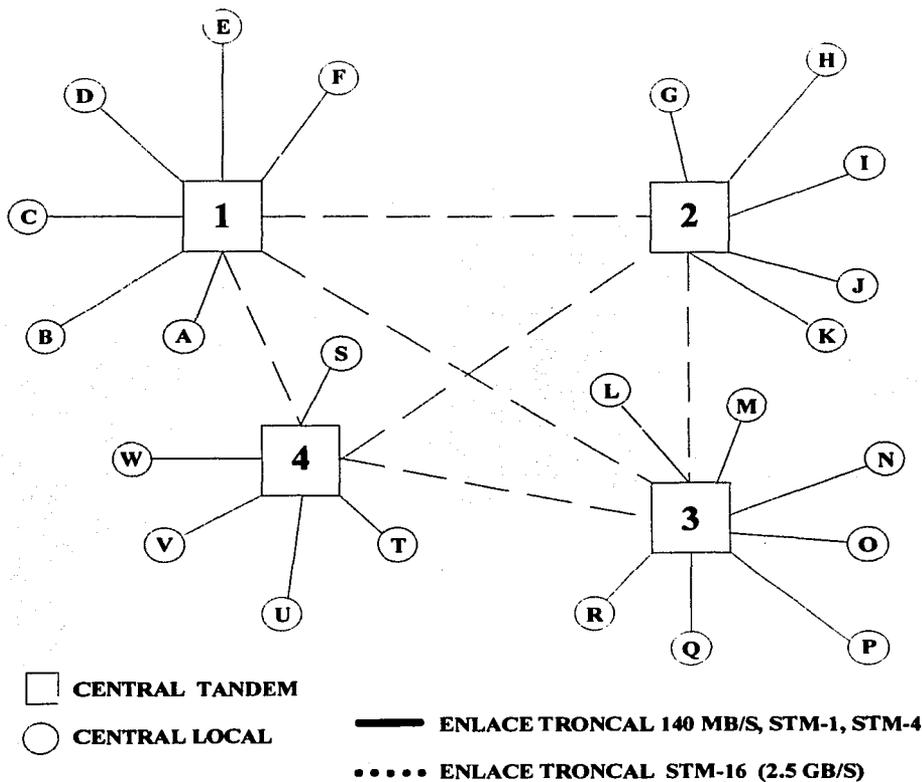


Fig. 6.13. Red de Telecomunicaciones de Topología Mixta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La Fig. 6.14., muestra en un diagrama a bloques la estructura completa de un anillo unidireccional con identificación de nodos principales, nodos de traspaso, VC-4's involucrados y su correspondencia entre nodos y cables de fibra óptica que conforman el arreglo.

## 6.6. CONSTRUCCIÓN DE UN SEGMENTO DE RED.

Se ha comentado que la manera de construir un sistema de telecomunicaciones es considerando toda la información que contiene la OT, pues nos facilita los datos necesarios para la construcción de nuestro sistema, bien sea de primer orden o de alto orden, sin embargo, esto no es suficiente para proporcionar el servicio de telecomunicaciones, es necesario brindar un servicio de alta calidad. La calidad de los servicios de las telecomunicaciones esta basada en parámetros de calidad, y dado que existen sistemas tanto analógicos como digitales, la forma de evaluar estos sistemas es con respecto a la relación señal a ruido (S/N) y la tasa de errores de bit (BER= Bit Error Rate) respectivamente.

Las mediciones de calidad que es necesario aplicar a los sistemas de telecomunicaciones se dan comúnmente en unidades que expresan valores absolutos y valores relativos de las características de los sistemas de transmisión, de esta manera surge un concepto fundamental en la medición de la calidad de los sistemas de transmisión denominado "nivel de la señal", considerado como el *punto cero de referencia* de las mediciones y cuya magnitud o intensidad está dada por la razón de la potencia de la señal recibida respecto a la potencia de la señal transmitida, o bien, en términos de voltajes y corrientes.

Los valores de nivel y atenuación de las señales de telecomunicaciones pueden expresarse en unidades de decibeles; dB, dBm, dBm0, dBr o dBu, donde:

$$X \text{ dB} = 10 \text{ Log } P_2 / P_1 = 20 \text{ Log } V_2 / V_1 = 20 \text{ Log } I_2 / I_1$$

Siendo los subíndices "1" los valores iniciales ó de transmisión, y los "2" los valores finales o de recepción. Así;

## RED DE TRANSPORTE METROPOLITANA ANILLO SDH STM-16 X/SM16N BINODO A - B

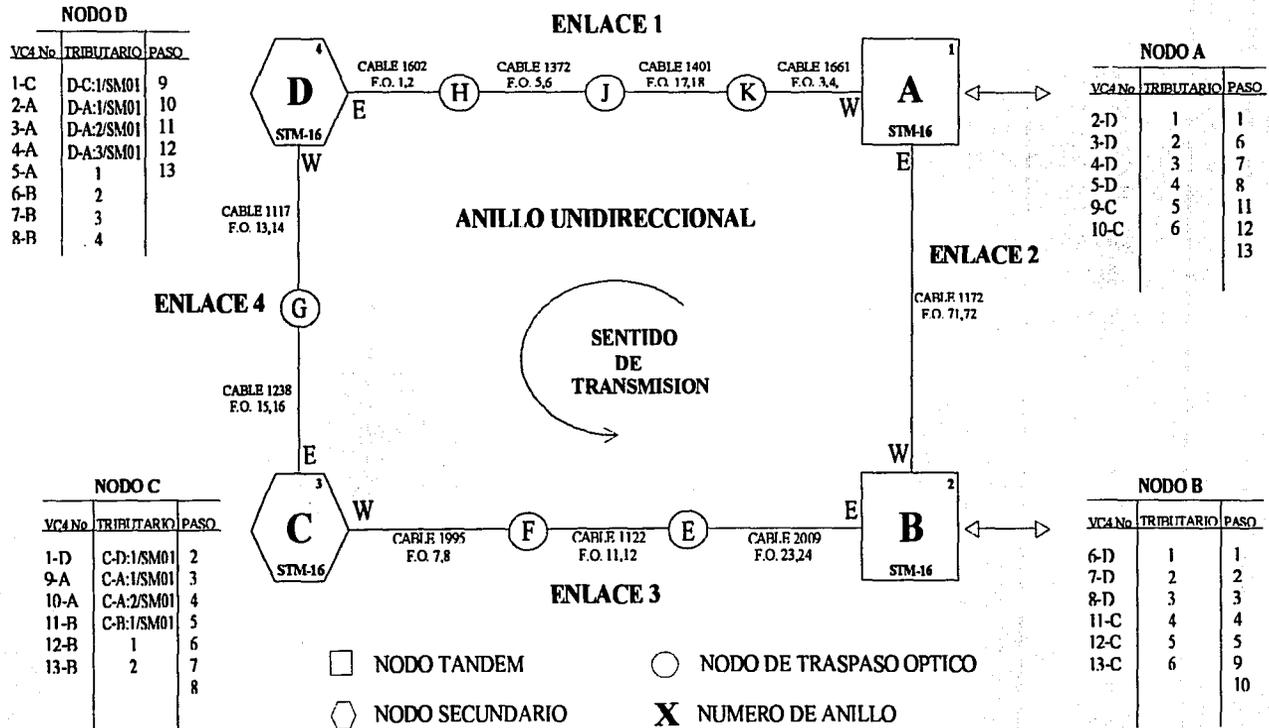


Fig. 6.14. Diagrama a bloques de un Anillo Metropolitano Unidireccional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$X \text{ dBm} = 10 \text{ Log } P_2 / 1 \text{ mW.}$$

Indica el nivel absoluto de la potencia de X dB de la señal en el punto de medición considerando 1 mW de potencia de la señal en el punto inicial extremo, esto es, la aplicación a una carga resistiva de 600 Ohms, de una diferencia de potencial de 0.775 volts (r.m.s) haciendo circular a través de ella una intensidad de corriente de 1.29 mA.

X dBm0; expresa un nivel de potencia de X dB inferior a 1 mW en un punto de nivel relativo cero, es decir, X dB inferior al nivel de prueba del canal en cualquier punto del sistema.

$$X \text{ dBr} = 10 \text{ Log } P / P \text{ ref.}$$

El término X dBr se usa para expresar un nivel relativo de potencia de X dB referido a "un punto de nivel relativo cero", por lo que en el caso particular de que el nivel de potencia de la señal de referencia sea de 1 mW, se obtendrá un nivel de X dBm coincidente en un punto X dBr.

$$X \text{ dBu} = 20 \text{ Log } U / 0.775.$$

Es la expresión en dB de la relación  $U / U_r$ , en donde U representa el valor eficaz de la tensión en el punto considerado y  $U_r$  el valor de referencia igual a 0.775 volts (correspondiente a la tensión que circulando por una resistencia de 600 Ohms, produce 1 mW).

Las mediciones que se deben realizar para determinar la calidad de los sistemas de transmisión analógicos, se efectúan bajo diversos conceptos tales como atenuación (ganancia o pérdida), distorsión, interferencia, ruido y diafonía principalmente, cuidando de que los valores obtenidos estén comprendidos dentro de los rangos de tolerancia preestablecidos.

Para los sistemas digitales, la ITU-T emite las normas G.821 y M.2100 para el análisis de calidad basada en la evaluación de la tasa de errores, y la norma G.823 establece el análisis de calidad para la fluctuación de fase de la señal digital. En México y concretamente en Telmex, los estándares de calidad para los sistemas de transmisión digital, tienen su fundamento en estas normas.

La norma G.821 comprende tres criterios a considerar respecto a la cantidad del ruido que el sistema de telecomunicaciones durante su operación puede generar, y estos son;

1.- ES (Errored Second). Segundo con error, comprende un intervalo de tiempo de un segundo, en el que se presenta cuando menos un error.

2.- SES (Severely Errored Seconds). Segundo severamente errado, significa que en un intervalo de tiempo de un segundo, se presenta una tasa de errores (BER) mayor a  $1 \times 10^{-3}$ .

3.- DM (Degraded Minutes). Minuto degradado, es el intervalo de tiempo de un minuto en el que el sistema genera una tasa de errores mayor que  $1 \times 10^{-6}$ .

Por lo que, para garantizar que el sistema de telecomunicaciones funciona de manera satisfactoria cumpliendo con la norma G.821, el número de eventos presentados bajo los criterios establecidos debe ser:

- A).- ES menor del 8% de los intervalos de un segundo.
- B).- SES menor del 0.2 % de los intervalos de un segundo.
- C).- DM menor del 10% de los intervalos de un minuto.

Dado que los sistemas reales no son dispositivos infalibles, existen ciertas tolerancias en los resultados obtenidos al evaluar un sistema de telecomunicaciones en cuanto a intervalos de tiempo en el que los componentes del sistema pudieran presentar alguna degradación sin que necesariamente el sistema presente problemas de calidad, denominados como *tiempo disponible* y *tiempo indisponible*, y que están contemplados por la norma G.821. El periodo de tiempo indisponible comprende "a los intervalos que durante 10 segundos consecutivos se presentan con una tasa de error mayor de  $1 \times 10^{-3}$  durante cada segundo", mientras que el tiempo disponible da principio "cuando se reciben 10 segundos consecutivos con una tasa de error menor que  $1 \times 10^{-3}$  en cada segundo".

Para determinar si un sistema digital cumple con la calidad especificada por la norma G.821, en la actualidad los instrumentos de medición especializados, ya proporcionan los resultados del análisis tanto en valores absolutos, como en porcentajes, además de que la evaluación se realiza a diferentes niveles, es decir, a 64 Kb/s, 2 Mb/s, etc., de esta manera, la evaluación de los errores de bit que efectúan los equipos de medición en general, presentan los siguientes parámetros:

ES = Segundo con error.

%ES = Porcentaje de segundos con error.

EFS = Segundos libres de error.

%EFS = Porcentaje de segundos libres de error.

SES = Segundos severamente errados.

%SES = Porcentaje de segundos severamente errados.

DM = Minutos degradados.

%DM = Porcentaje de minutos degradados.

UNAV = Segundos indispuestos.

%UNAV = Porcentaje de segundos indispuestos.

Por otro lado, los resultados obtenidos de la evaluación, pueden imprimirse de tal forma que sea posible llevar el registro de todos y cada uno de los sistemas concluidos para futuras consultas y puesta en servicio en el momento requerido. Ahora bien, los resultados que puede arrojar un equipo de medición especializado al evaluar un sistema digital, puede contener los siguientes parámetros y resultados:

- 1.- Marca y modelo del instrumento utilizado.
- 2.- Fechas y horas de inicio y terminación de la evaluación.
- 3.- Velocidad y tipo de la señal que se recibe del sistema.
- 4.- Valor de la impedancia de la línea que se evalúa.
- 5.- Código de línea que se está empleando.
- 6.- Tipo de estructura externa que posee la señal que se analiza.
- 7.- Patrón de  $2X10^{15}-1$  para señales de 2 Mb/s y, de  $2X10^{23}-1$  para señales de 34 Mb/s y de 155 Mb/s.
- 8.- El resumen de resultados obtenidos al aplicar la norma G.821.

### 9.- El tiempo total de evaluación del sistema bajo análisis.

El ITU-T en la norma G.821 también estipula que el sistema de telecomunicaciones a evaluar se debe someter a prueba por un periodo de un mes, además de que los criterios de ES, SES y DM deben de cumplirse todos, en caso de que alguno falle, se determinará que el sistema esta fuera de calidad de acuerdo a esta norma. Por lo tanto, las pruebas de calidad en las señales digitales de los equipos multiplexores de alto orden bajo la norma G.821 se realizan mediante las mediciones de; errores de código (Code err), errores de bit en la palabra de sincronía de trama (Fas word err) y errores de bit en la palabra sincronía de multitrama (Mfas word err).

La norma M.2100 del ITU-T para la evaluación de un sistema digital puede aplicarse bajo dos conceptos:

- i).- Supervisión del sistema en servicio.
- ii).- Supervisión del sistema fuera de servicio.

La condición de supervisión del sistema en servicio, se refiere a que cualquier parte del sistema se puede someter a evaluación, principalmente haciendo especial énfasis sobre errores de bit y las pérdidas del patrón de sincronía, que ha diferencia de la norma G.821 se podría obtener un resultado de por ejemplo, un segundo errado, provocando la disponibilidad o no-disponibilidad de tiempo. Por otro lado, la supervisión del sistema fuera de servicio significa que se emplean los mismos criterios del modo en servicio, con la adición de criterios en errores de trama, errores de código, errores de CRC, AIS, pérdida de señal y pérdida de sincronía de trama. Ahora bien, dado el alcance de los criterios de evaluación en la aplicación de esta norma a los sistemas digitales de telecomunicaciones, se obtiene información más precisa en el monitoreo de sistemas fuera de servicio acerca de la eficiencia del sistema considerando menos errores respecto a una cantidad mayor de información.

La norma M.2100 al aplicarse a un sistema de baja velocidad, tiene la facilidad de estructurar y evaluar los diferentes niveles jerárquicos obteniéndose resultados completos

de toda una trayectoria, por ejemplo, desde 2 Mb/s hasta de 140 Mb/s simultáneamente, mostrando los resultados y conceptos involucrados.

La norma M.2100 se desarrolló como herramienta necesaria para evaluar y enmarcar los servicios portadores, las secciones digitales internacionales, las trayectorias y los sistemas de Jerarquía Digital Plesiócrona o PDH, por lo tanto, esta norma se aplica para evaluar los sistemas de transmisión, bien sea de manera integral, o como módulos constitutivos del sistema tal como equipos multiplexores, dispositivos de crossconexión, unidades terminales de línea o líneas de transmisión.

En el proceso de la transmisión de las señales digitales estas pueden verse afectadas por el ruido y la interferencia, provocándose una fluctuación de fase denominada como *jitter*, por consiguiente, los sistemas digitales deben ser analizados no solamente bajo el concepto de errores, sino también realizar una medición del *jitter*.

El *jitter* es un evento que tiene influencia directamente sobre la señal de reloj, afectando directamente a las interfaces digitales siguientes, provocando un defasamiento entre la señal de información entrante y la señal de reloj de la sección en cuestión, originando errores de bit. Podemos decir que el *jitter* son "*pequeñas variaciones de la posición ideal en el tiempo de una señal digital*". Por lo tanto, al evaluar un sistema de telecomunicaciones con un medidor de tasa de errores solo se detecta la cantidad de bits que se generaron erróneamente, ya que el medidor recupera la señal de reloj y realiza la comparación de bits de la señal de información, sin embargo, respecto al *jitter* no proporciona ninguna información, debido a que los dispositivos de recuperación de reloj del instrumento, poseen cierta flexibilidad al *jitter* por efecto del ruido e interferencia, mientras que los dispositivos internos de recuperación de la señal de reloj de los sistemas de transmisión presentan una tolerancia mas reducida al nivel del *jitter* permisible de la señal de entrada, para evitar que por la presencia de éste, la señal de información sea distorsionada y en consecuencia, incurrir en errores.

En la actualidad las señales de 2 Mb/s son las más comunes en las telecomunicaciones de México, pues son estas señales las que llegan directamente a los equipos terminales de los usuarios, por tal motivo, es importante conocer tanto sus parámetros, como sus valores nominales y sus rangos de aceptación.

En la recomendación G.703 del ITU-T se especifican las características de las interfaces de los sistemas de transmisión, que para una señal de 2 Mb/s, se muestran los parámetros, sus valores y las especificaciones de la máscara del pulso digital.

De acuerdo a la especificación de la norma G.732 la frecuencia de reloj para un sistema de primer orden debe ser de 2.048 Mb/s +/- 50 ppm, por lo que la lectura obtenida debe estar comprendida entre los límites:

$$2\ 047\ 897.6 < f < 2\ 048\ 102.4\ \text{Hz.}$$

#### 6.6.1. EJEMPLO PRÁCTICO (REAL).

A manera de ejemplo, en la construcción de un sistema de telecomunicaciones, se selecciona un sistema punto a punto y con velocidad de salida de 620 Mb/s en configuración 1+1, debido a que este tipo de sistemas es posible sencillamente, integrarlo con los diferentes tipos y velocidades de unidades tributarias como son señales eléctricas de 2 Mb/s, 34 Mb/s y 155 Mb/s, y señales ópticas de 155 Mb/s, donde para su ejecución es necesario atender a las especificaciones que contiene la orden de trabajo respectiva, y por supuesto, una vez ya concluida la instalación, conexión, ajuste y pruebas preliminares del equipo eléctrico-óptico, es necesario realizar la evaluación correspondiente de acuerdo a las normas y recomendaciones de calidad del ITU-T contenidas en el protocolo correspondiente.

#### 6.6.2. LA OT. Y EL PROTOCOLO DE RECEPCIÓN DE PRUEBAS DE EQUIPO.

A continuación se da una presentación de una Orden de Trabajo y de un protocolo de recepción de pruebas de un equipo de alto orden con sus parámetros, valores nominales y rangos de operación que deben brindar los sistemas de telecomunicaciones en el área metropolitana de la Ciudad de México.

**CONSTRUCCIÓN DE RED DE TRANSPORTE METROPOLITANA.****ORDEN DE TRABAJO.****NODO:**     NODO A    .

Sírvasse efectuar los siguientes trabajos.

- 1.- Instalación, conexión y ajuste de equipo terminal óptico Ericsson L-AXD-620, para un sistema de 622 Mb/s en configuración 1+1 del enlace A-B: 1/SM04, así como su conexión al BDTD y al BDFO correspondiente.
- 2.- Instalación terminal de la tributaria óptica de 155 Mb/s en BDFO según hoja anexa.
- 3.- Instalación terminal de la tributaria eléctrica de 155 Mb/s en BDTD según hoja anexa.
- 4.- Instalación terminal de las tributarias eléctricas de 34 Mb/s en BDTD según hoja anexa.
- 5.- Instalación terminal de las tributarias eléctricas de 2 Mb/s en BDTD según hoja anexa.
- 6.- Supervisión de personal encargado de sala de transmisión, de insumos necesarios para la realización de estos trabajos.
- 7.- Distribución de copias de la OT.

Responsable proveedor: \_\_\_\_\_

Responsable construcción: \_\_\_\_\_

Responsable mantenimiento: \_\_\_\_\_

Fecha de terminación: \_\_\_\_\_

**CONSTRUCCIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE DEL ÁREA METROPOLITANA.**

PROGRAMACIÓN DE SISTEMAS.						
SISTEMAS ÓPTICOS.						
<b>SISTEMAS.</b>						
Terminal A	Terminal B	No.	Velocidad	Config.	Tributaria	Tipo
A	B	1	SM04	1	0	Agreg. ópt. 620 Mb/s
A	B	0+1	SM04	1	0	Agreg. ópt. 620 Mb/s
A	B	4	SM01		4	Trib. ópt. 155 Mb/s

SISTEMAS MÚLTIPLEX SÍNCRONOS.					
<b>SISTEMAS</b>					
Terminal 1	Terminal 2	No.	Velocidad	Tributario	Tipo
A	B	1	SM01	1	63X2 Mb/s eléctrico
A	B	1	SM01	2	3X34 Mb/s eléctrico
A	B	1	SM01	3	155 Mb/s eléctrico

TRAYECTORIAS ÓPTICAS.			
<b>SISTEMA</b>	<b>ENLACE ÓPTICO</b>	<b>CABLE No.</b>	<b>FIBRAS No.</b>
A-B: 1/SM04	/A-B/	927	01, 02
A-B: 1/SM04P	/A-C/	763	05, 06
	/C-D/	384	03, 04
	/D-B/	805	11, 12

**ESPECIFICACIÓN DEL EQUIPO DE TRANSMISIÓN.**

PROYECTO: Nodo A - Nodo B.

ENLACE: STM-4, Punto a Punto.

Código Ericsson	Descripción	Nodo A	Nodo B	Total
<b>L-AXD 620-2.</b>				
FAJ 119 01/4	Equipamiento básico.	1	1	2
FAJ 119 45/4	Interfaz óptica STM-4, S-4.1.	2	2	4
FAJ 119 92/4	Interfaz G.703, 75 Ohms, 63 X 1.5 / 2 Mb/s	1	1	2
FAJ 119 170	Conector de 75 Ohms para 1.5 / 2 / 34 / 45 / - 140 Mb/s y STM-1/e.	70	70	140
FAJ 119 102/4	Interface de protección eléctrica G.703 - 1 X STM-1.	1	1	2
FAJ 119 94/4	Interface G.703, 3 X 34 Mb/s.	1	1	2
FAJ 119 61/4	Interface óptica STM-1, S-1.1.	1	1	2
FAJ 119 115/4	Conmutador redundante.	1	1	2
FAJ 119 140/4	Unidad de acceso auxiliar.	1	1	2
FAJ 119 141/4	Módulo de teléfono portable.	1	1	2
FAJ 119 161/4	Unidad controladora local.	1	1	2
FAJ 119 150/4	Manuales.	1	1	2
FAJ 119 105/4	Sección multiplexora de protección.	1	1	2
FAJ 119 03/4	Módulo de función de conmutación básica.	1	1	2
FAJ 119 310/4	Unidad de conmutación para multiplexor 620-2.	1	1	2
FAJ 119 314/4	Unidad de conmutación temporal para 620-2.	1	1	2
FAJ 119 319/4	Unidad conmutación acceso remoto para 620-2.	1	1	2
	Gabinete con panel de alarmas.	1	1	2
	Par de cables de interconexión.	3	3	6
	Materiales de instalación.	1	1	2
	Instalación y puesta en servicio de L-AXD-620-2	1	1	2

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

CENTRAL:            NODO A

			BASTIDOR 06 A <i>Ericsson L-4XD 620-2</i> 01.T101A06		
			PANEL DE ALARMAS		
1	AG. ÓPT. A. STM-4.	PANEL CONEXIÓN	PANEL CONEXIÓN		
2	TRIB ELÉC. 63 x 2 Mb/s				
3		PANEL CONEXIÓN	PANEL CONEXIÓN		
4	AG. ÓPT. B. STM-4.				
5	3 x 34 Mb/s	PANEL CONEXIÓN	PANEL CONEXIÓN		
6	TRIB. ÓPT. STM-1				
7	MATRIZ A				
8	MATRIZ B				
9	TRIB ELÉC. 2x140/155				
10		PANEL CONEXIÓN	PANEL CONEXIÓN		
11					
12					
13					
14	ACCESO AUXILIAR	ALIMENTACIÓN			
15	MICROCONTROLADORA	ALIMENTACIÓN	SINCRONÍA		
16	U. ALARMAS	GESTIÓN	ALARMAS		

A-B: 1/SM04

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

GERENCIA DE INGENIERÍA.

COORDINACIÓN RED DE TELECOMUNICACIONES.

OCUPACIÓN DE TRIBUTARIAS DE ENLACES ENTRE NODOS PRIMARIOS.

ENLACE: NODO A - NODO B.

TIPO DE EQUIPO: L-AXD-620.

MARCA: ERICSSON.

TRIBUTARIA No 1

SISTEMA: 1/SM01/A-B.

AGREGADO ÓPTICO: 622 Mb/s.

VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO
	1					22						43					
	2					23						44					
	3					24						45					
	4					25						46					
	5					26						47					
	6					27						48					
	7					28						49					
	8					29						50					
	9					30						51					
	10					31						52					
	11					32						53					
	12					33						54					
	13					34						55					
	14					35						56					
	15					36						57					
	16					37						58					
	17					38						59					
	18					39						60					
	19					40						61					
	20					41						62					
	21					42						63					

TESTE CON  
 FALLA DE ORIGEN

GERENCIA DE INGENIERÍA.

COORDINACIÓN RED DE TELECOMUNICACIONES.

OCUPACIÓN DE TRIBUTARIAS DE ENLACES ENTRE NODOS PRIMARIOS.

ENLACE: NODO A - NODO B.

TIPO DE EQUIPO: L-AXD-620.

MARCA: ERICSSON.

TRIBUTARIA No 2

SISTEMA: 2/SM01/A-B.

AGREGADO ÓPTICO: 622 Mb/s.

VC-3	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-3	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-3	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO
1	1	E3	A	B		2	2	E3	A	B		3	3	E3	A	B	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

GERENCIA DE INGENIERÍA.

COORDINACIÓN RED DE TELECOMUNICACIONES.

OCUPACIÓN DE TRIBUTARIAS DE ENLACES ENTRE NODOS PRIMARIOS.

ENLACE: NODO A - NODO B.

TIPO DE EQUIPO: L-AXD-620.

MARCA: ERICSSON.

TRIBUTARIA No 3

SISTEMA: 3/SM01/A-B.

AGREGADO ÓPTICO: 622 Mb/s.

VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO
-------	--------	------	------------	------------	----------	-------	--------	------	------------	------------	----------	-------	--------	------	------------	------------	----------

**A-B: 3/SM01 ELÉCTRICO**

GERENCIA DE INGENIERÍA.

COORDINACIÓN RED DE TELECOMUNICACIONES.

OCUPACIÓN DE TRIBUTARIAS DE ENLACES ENTRE NODOS PRIMARIOS.

ENLACE: NODO A - NODO B.

TIPO DE EQUIPO: L-AXD-620.

MARCA: ERICSSON.

TRIBUTARIA No 4

SISTEMA: 4/SM01/A-B.

AGREGADO ÓPTICO: 622 Mb/s.

VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO	VC-12	NÚMERO	TIPO	TERMINAL A	TERMINAL B	PROYECTO
<p><b>A-B: 4/SM01 ÓPTICO</b></p>																	

GERENCIA DE CONSTRUCCIÓN RED DE TRANSPORTE METROPOLITANA.

COORDINACIÓN DE PROYECTOS DIGITALES.

BASTIDOR DISTRIBUIDOR DE TRONCALES DIGITALES.

CENTRAL: NODO A.

PISO: 01

SALA: T

FILA: 101

BAST.: A 01

TABLILLA 0101

19	A-B: 19/E1
18	A-B: 18/E1
17	A-B: 17/E1
16	A-B: 16/E1
15	A-B: 15/E1
14	A-B: 14/E1
13	A-B: 13/E1
12	A-B: 12/E1
11	A-B: 11/E1
10	A-B: 10/E1
9	A-B: 9/E1
8	A-B: 8/E1
7	A-B: 7/E1
6	A-B: 6/E1
5	A-B: 5/E1
4	A-B: 4/E1
3	A-B: 3/E1
2	A-B: 2/E1
1	A-B: 1/E1

A - B : 1 / 1 / SM04

TABLILLA 0201

19	A-B: 38/E1
18	A-B: 37/E1
17	A-B: 36/E1
16	A-B: 35/E1
15	A-B: 34/E1
14	A-B: 33/E1
13	A-B: 32/E1
12	A-B: 31/E1
11	A-B: 30/E1
10	A-B: 29/E1
9	A-B: 28/E1
8	A-B: 27/E1
7	A-B: 26/E1
6	A-B: 25/E1
5	A-B: 24/E1
4	A-B: 23/E1
3	A-B: 22/E1
2	A-B: 21/E1
1	A-B: 20/E1

A - B : 1 / 1 / SM04

TABLILLA0301

19	A-B: 57/E1
18	A-B: 56/E1
17	A-B: 55/E1
16	A-B: 54/E1
15	A-B: 53/E1
14	A-B: 52/E1
13	A-B: 51/E1
12	A-B: 50/E1
11	A-B: 49/E1
10	A-B: 48/E1
9	A-B: 47/E1
8	A-B: 46/E1
7	A-B: 45/E1
6	A-B: 44/E1
5	A-B: 43/E1
4	A-B: 42/E1
3	A-B: 41/E1
2	A-B: 40/E1
1	A-B: 39/E1

A - B : 1 / 1 / SM04

TABLILLA 0401

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	A-B: 63/E1
5	A-B: 62/E1
4	A-B: 61/E1
3	A-B: 60/E1
2	A-B: 59/E1
1	A-B: 58/E1

A-B: 1 / 1 / SM04

TABLILLA 0501

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

TABLILLA 0102

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

TABLILLA 0202

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

TABLILLA 0302

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

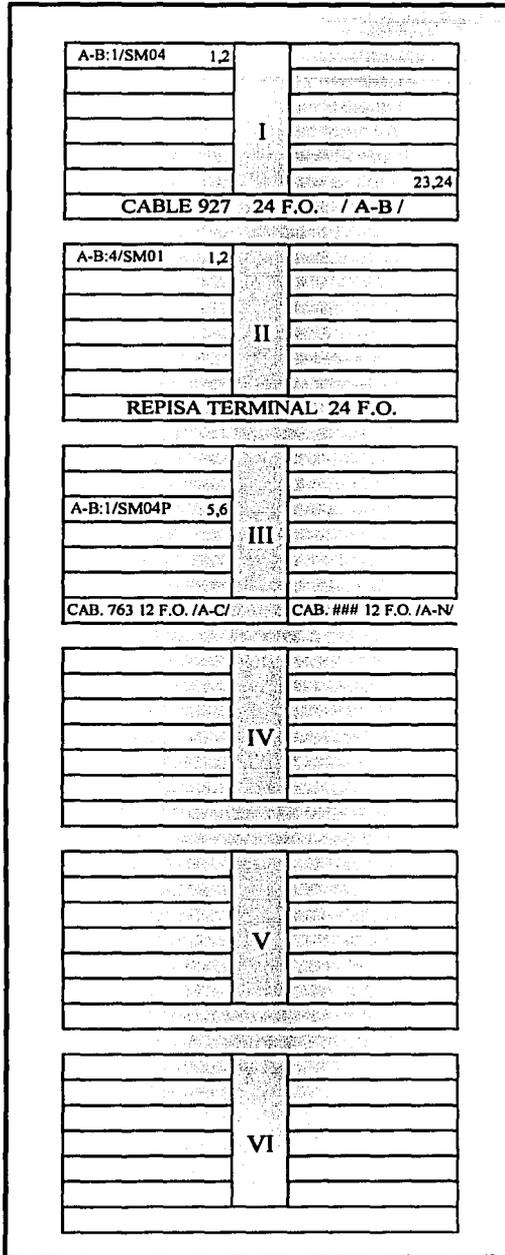
TABLILLA 0402

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	
5	
4	
3	
2	
1	

TABLILLA 0502

19	
18	
17	
16	
15	
14	
13	
12	
11	
10	
9	
8	
7	
6	A-B: 1/SM01
5	
4	
3	A-B: 3/E3
2	A-B: 2/E3
1	A-B: 1/E3

A-B: 2 / 1 / SM04



**CENTRAL: NODO A.**

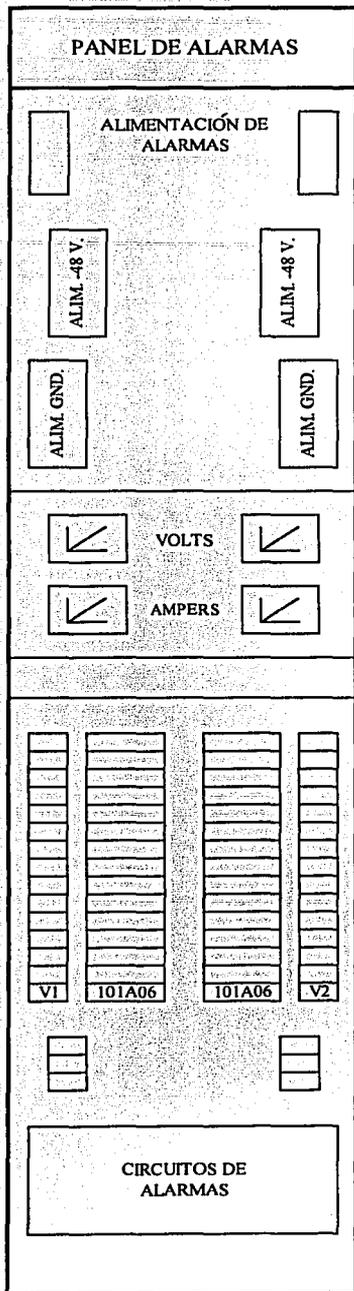
**PISO: 01.**

**SALA: T.**

**FILA: 101**

**BAST.: A 60**

**B D F O**



**CENTRAL: NODO A.**

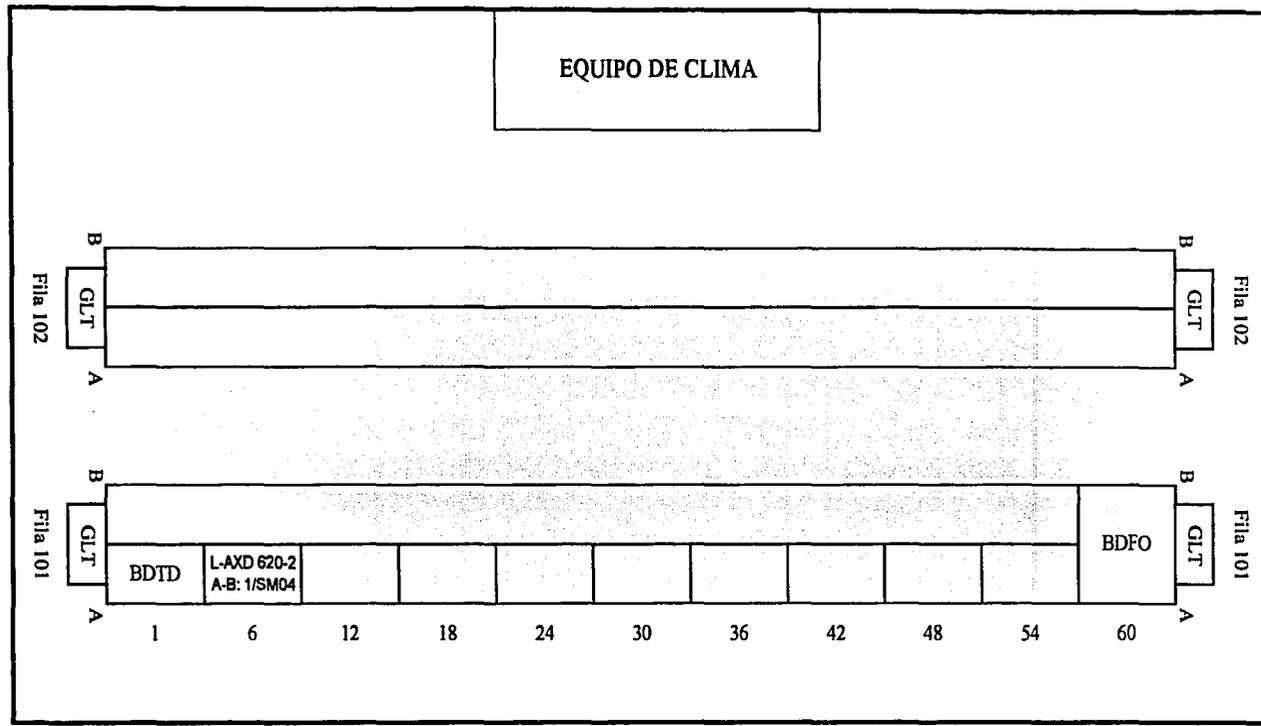
**PISO: 01.**

**SALA: T.**

**FILA: 101.**

**GLT: IZQ.**

**GLT**



PISO 01

SALA DE TRANSMISION: " T "

CENTRAL: NODO A.

GERENCIA DE PROYECTOS DIGITALES.

RED DE TRANSPORTE DEL AREA METROPOLITANA.

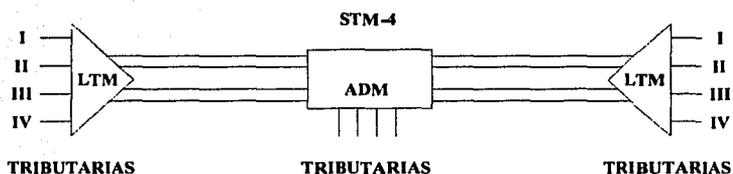
CONSTRUCCIÓN DE RED DE TRANSPORTE DE ÁREA METROPOLITANA.

**PROTOCOLO DE ACEPTACIÓN DE ELEMENTOS DE RED.**

PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE EQUIPO MULTIPLEXOR SÍNCRONO.

**ERICSSON L – AXD 620 – 2.**

ELEMENTOS DE RED DE TRANSPORTE SDH.



**INFORMACIÓN GENERAL.**

Ciudad. \_\_\_\_\_  
 Central. \_\_\_\_\_  
 Dirección. \_\_\_\_\_  
 Enlace. \_\_\_\_\_  
 Tipo de enlace. \_\_\_\_\_

**Proveedor.**

Responsable. \_\_\_\_\_  
 Puesto. \_\_\_\_\_  
 Departamento. \_\_\_\_\_  
 Firma. \_\_\_\_\_

**Cliente.**

Responsable. \_\_\_\_\_  
 Puesto. \_\_\_\_\_  
 Departamento. \_\_\_\_\_  
 Firma. \_\_\_\_\_

## I.- DATOS DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO.

Grupo de construcción: \_\_\_\_\_  
 Central: \_\_\_\_\_ .Piso: \_\_\_\_\_  
 Sala: \_\_\_\_\_ .Fila: \_\_\_\_\_  
 Bastidor: \_\_\_\_\_ .Repisa: \_\_\_\_\_

## II.- CONEXIÓN DE ALIMENTACIÓN.

	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>
Posición del GLT.	_____	_____	_____
Fusible No.	_____	_____	_____
Lectura voltaje:	_____	_____	_____
Observaciones.	_____		

## III.- INVENTARIO SISTEMA DE SUPERVISIÓN LOCAL.

	SI	NO	CÓDIGO/No. SERIE
Manual usuario terminal de servicio.	_____	_____	_____
Terminal para funciones de supervisión.	_____	_____	_____
Interfaz de supervisión.	_____	_____	_____
Software del sistema de supervisión.	_____	_____	_____
Observaciones.	_____		

## IV.- INVENTARIO DE ACCESORIOS.

	CANTIDAD	CÓDIGO/No. SERIE.
Bastidor de equipo.	_____	_____.
Panel de alimentación y alarmas.	_____	_____.
Repisa para L-AXD 620-2.	_____	_____.
Cables de alimentación.	_____	_____.
Cables de alarmas.	_____	_____.
Interfaz de gestión.	_____	_____.
Cable de sincronía.	_____	_____.
Cable coaxial para tributarios eléctricos.	_____	_____.
Cable jumper óptico FC/FC.	_____	_____.
Pulsera antiestática.	_____	_____.
Llave extractora para conector coaxial.	_____	_____.
Llave cerradura del gabinete (si es necesario).	_____	_____.
Observaciones. _____		
_____		

## V.- INVENTARIO EQUIPAMIENTO EN REPISA.

SLOT	TIPO DE UNIDAD	No. DE CÓDIGO	No. DE SERIE	VERSIÓN
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Observaciones: \_\_\_\_\_

## VI.- CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO.

Configuración NSAP:

Local: \_\_\_\_\_

Remoto: \_\_\_\_\_

	SI	NO
Configuración de tributarios según O.T.:	_____	_____
Configuración administración de la seguridad:	_____	_____
Comprobación inventario de unidades por sistema de supervisión:	_____	_____

Observaciones: \_\_\_\_\_



## IX.- REVISIÓN DE CABLES Y CONECTORES.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	CUMPLE	
		SI	NO
SUMINISTRO DE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL GLT AL PANEL DE CONEXIONES.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
ALIMENTACIÓN DE UNIDADES EN REPISA DESDE PANEL DE CONEXIONES.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CONEXIONES A TIERRA DEL BASTIDOR Y LA REPISA.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CABLES DE INTERFACES TRIBUTARIAS EN BDTD.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CABLEADO TOTAL INTERNO EN BASTIDOR	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CABLES DE F.O. EN CANALETAS, BDFO Y BASTIDOR DE EQUIPO.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CABLEADO DE SINCRONÍA SEGÚN OT.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		
CABLEADO DE GESTIÓN DEL SISTEMA.	REALIZACIÓN Y CONEXIÓN		

Observaciones: \_\_\_\_\_

## X.- PRUEBAS TÉCNICAS.

DESCRIPCIÓN	CUMPLE	
	SI	NO
REDUNDANCIA EN UNIDADES DE ALIMENTACIÓN: FALLA DC/DC ALARMA NO-URGENTE		
REDUNDANCIA EN UNIDADES TRIBUTARIAS DE 2, 34 Y 155 MB/S: ALARMA NO - URGENTE		
REDUNDANCIA EN UNIDAD DE MATRIZ: ALARMA NO-URGENTE		
PRUEBA DE PROTECCIÓN MSP 1+ 1:		
ENCENDIDO/APAGADO AUTOMÁTICO DEL LASER:		
PRUEBA DE PROTECCIÓN DE FUENTE DE SINCRONÍA:		
PRUEBA FUNCIONAMIENTO DE LAMPARAS DE ALARMAS:		

Observaciones: \_\_\_\_\_



## XIII.- PRUEBA DE ALARMAS.

EVENTO	VISUALIZACIÓN DE ALARMAS		
	EQUIPO DE SUPERVISIÓN	CONTROLADORA LOCAL	BASTIDOR PANEL DE ALARMAS
FALLA ALIMENTACIÓN V1, V2.			
PÉRDIDA SEÑAL ÓPTICA STM-4 EN RX.			
PÉRDIDA SEÑAL ÓPTICA STM-1 EN RX.			
PÉRDIDA SEÑAL ELÉCTRICA STM-1 EN RX			
PÉRDIDA SEÑAL ELÉCTRICA 34 MB/S EN R			
PÉRDIDA SEÑAL ELÉCTRICA 2 MB/S EN RX			

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## XIV.- PRUEBAS DE PUNTO A PUNTO.

CONCEPTO	CUMPLE	
	SI	NO
CANAL DE COMUNICACIÓN DE SERVICIO		
MEDICIÓN DE POTENCIAS ÓPTICAS A LA RX EN AGREGADOS		
PRUEBA DE CONMUTACIÓN DE AGREGADOS ÓPTICOS		
CORRESPONDENCIA DE CONEXIÓN ENTRE TRIBUTARIOS		
EVALUACIÓN DE ERRORES DE TRIBUTARIOS POR 24 HRS		

Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ***CONCLUSIONES.***

En el capítulo 1 se habla de las señales y sistemas analógicos y digitales en la transmisión y recepción de señales de información tales como voz, imagen y datos, por lo que es conveniente conocer sus características, así como el proceso requerido para su envío y recuperación.

La información o mensaje para transportarse haciendo uso de las redes de telecomunicaciones necesita adecuarse o convertirse a una señal eléctrica de información, entonces, existe la necesidad de conversión mediante un transductor al inicio del sistema para la obtención de la señal eléctrica de banda base, pero debido a su inadecuado formato para el envío al punto distante, es necesario modificarla para su aplicación a algún medio de transmisión para su transportación, empleando el proceso de conversión denominado modulación, bien para señales analógicas o digitales de información.

En el lado del transmisor se lleva a cabo el proceso de modulación, mientras que en el lado de recepción, para la recuperación de la señal de información, se realiza la denominada demodulación.

Los métodos básicos para la transformación de información en una señal eléctrica para su transmisión, son dos:

- 1.- La codificación y transmisión analógica, y

## 2.- La codificación y transmisión digital.

Las señales analógicas son todas aquellas señales continuas en el tiempo que poseen un valor de amplitud para cada valor de tiempo, mientras que, las señales digitales son señales discretas en el tiempo, por lo que existe un valor de amplitud diferente de cero en solo determinados intervalos de tiempo.

Los tipos de información a emplearse en las redes de telecomunicaciones son:

- Audio (voz), señal de información acústica que el oído humano es capaz de percibir, presenta variaciones (frecuencias) en el rango de los 20 Hz a los 20 KHz., y como caso particular, la alta fidelidad ubicada entre los 15 Hz y los 20 KHz.
- Video (imagen), señal que el ojo humano puede interpretar gracias a las cualidades de persistencia (capacidad de retención) y resolución de una imagen (distinción entre las frecuencias de 30 Hz a 4 KHz).
- Datos, señales constituidas por caracteres alfanuméricos (texto y número) que presentan información transformada mediante códigos para su transmisión.

Si la información se convierte en un tren de pulsos eléctricos que implica la generación de valores discretos de amplitud, se dice que se trata de una codificación digital. Para el caso de la transmisión de señales de línea analógicas se emplea el proceso conocido como modulación, que consiste en montar una señal de baja frecuencia (moduladora) o señal de información -audio, video datos- en otra señal de alta frecuencia (portadora) para su transportación.

El ancho de banda total de cada grupo de señales, integra el ancho de banda de un equipo terminal de línea, así, a cada ancho de banda parcial denominado tributario, corresponde a un determinado número de canales de banda base.

El método de multiplexación consiste en la unificación de señales de información de una misma velocidad, hacia la creación de una señal de velocidad mayor y viceversa, con la finalidad de poder compartir un medio de transmisión intercalando las señales componentes en tiempo o espacio, de tal manera que no se traslapen entre sí. Al proceso de compresión de señales para la formación de una señal de velocidad mayor en el lado transmisor, se conoce particularmente como multiplexación, y la descompresión de una señal de alta

velocidad en varias señales de velocidad menor en el lado receptor se llama demultiplexación.

La multiplexación puede darse en señales analógicas y en señales digitales. Para el caso de señales analógicas el método empleado es la multiplexación por división de frecuencias (FDM), y para señales digitales se emplea la multiplexación por división de tiempo (TDM), también conocido como tiempo compartido.

En el Capítulo 2 se ve lo relacionado con los medios de transmisión empleados en redes de telecomunicaciones para los modos de transmisión y codificación tanto analógica como digital.

Los medios de transmisión o mecanismos de transporte de las señales eléctricas y ópticas en las redes de telecomunicaciones son los encargados de canalizar las señales de información moduladas desde un punto transmisor hasta un punto receptor (punto a punto) o varios puntos receptores (punto a multipunto), y que pueden estar constituidos por conductores metálicos, el aire, el espacio o la fibra óptica. Por lo tanto, la variedad de los medios de transmisión es amplia que va desde los simples cables de cobre trenzado para señales eléctricas, hasta las fibras ópticas utilizadas para la transmisión de señales ópticas. Dentro de los medios de transmisión se encuentran; el par de conductores metálicos (cobre o aluminio), cable coaxial, guía de ondas, fibra óptica y el espacio atmosférico.

Cada tipo de medio de transmisión posee sus propias ventajas y desventajas, siendo principalmente el ancho de banda, la distancia entre las unidades de transmisión y recepción, y el tipo de las señales de información a enviar, los que determinen la selección adecuada del mismo, por lo tanto, en algunos casos será suficiente el empleo de las líneas de cobre de par trenzado, tal es el caso de señales de 64 Kb/s o de 2 Mb/s, sin embargo, para velocidades de 2 Mb/s hasta los 155 Mb/s es necesario utilizar el cable coaxial, no obstante, para señales de mejor calidad y para cubrir distancias de varios cientos de metros, sin duda, la fibra óptica es el medio de transmisión ideal, pues las señales eléctricas a altas velocidades y a altas distancias, se atenúan y son susceptibles de incurrir en errores provocando la degradación de la señal de información. Así, para velocidades superiores a los 155 Mb/s el mejor medio de transmisión lo constituye, sin duda, las fibras ópticas.

En el capítulo 3, se trata la transmisión de señales de información mediante el método conocido como Modulación por Pulsos Codificados (PCM), puesto que en la actualidad los modernos sistemas de telecomunicaciones se realizan en gran parte mediante este método.

El PCM puede definirse como un método de conversión de información analógica a digital, en donde, en este sistema de comunicación, bien sea para señales de audio, datos o video, su principal característica es la de poder multiplexar varias señales en tiempo compartido, además de poder transmitir y recibir a grandes velocidades con un grado mínimo de error, sus principales etapas son el filtrado, muestreo, cuantificación, codificación, multiplexación, conversión de código y conversión de señal binaria a bipolar para su transmisión, pero en el lado receptor, el proceso es inverso.

El proceso de modulación por pulsos codificados, se inicia con la etapa del filtrado de la señal de información por canal telefónico, para garantizar que la señal de banda base quede comprendida dentro del ancho de banda de 300 a 3400 Hz, el cual corresponde al espectro en frecuencia de la voz humana. El muestreo, es el proceso de escoger la medición de los puntos de la curva de la señal analógica de información de banda base y representarlas mediante tomas a intervalos regulares de tiempo, logrando con esto, representar una señal continua en el tiempo limitada en un ancho de banda, por una señal discreta, sin perder información. La frecuencia de muestreo, debe ser por lo menos, el doble de la máxima frecuencia constitutiva de la señal de información para permitir su reconstrucción mediante filtrado, en el lado receptor. A este principio importante se le conoce como el Teorema de Muestreo, y es la base para la comunicación digital. La frecuencia mínima de muestreo o velocidad de muestreo, es conocida como velocidad de Nyquist, y, puesto que los circuitos no son ideales, y de acuerdo al teorema de muestreo, la frecuencia de muestreo debe ser de 8 KHz, de aquí, el ancho de banda de transmisión requerida para cada señal de entrada es un parámetro importante de cualquier sistema de telecomunicaciones. Ahora bien, si la frecuencia de muestreo de acuerdo al teorema de Nyquist es de 8 000 Hz, lo que equivale a que cada muestra tenga una duración de  $T = 1/f$ , o de 125  $\mu\text{s}/\text{ciclo}$ . De esta manera, en los intervalos de tiempo donde no exista ninguna señal de información, será posible la inserción de señales digitales con modulación de amplitud de pulsos (PAM) de otros canales telefónicos, por tal motivo, es necesario que tanto el lado transmisor como el lado receptor deben permanecer sincronizados.

Al proceso de comparar el valor de las muestras resultantes con un número finito de valores contenidos en una escala de referencia, asignando el valor correspondiente al muestreo, se denomina cuantificación. A cada valor de amplitud corresponde un valor discreto en la escala, denominado nivel cuántico, sin embargo, como cada una de las muestras son representadas por un número binario, es necesario aproximar cada una de estas muestras a valores bien definidos, generándose así un error de cuantificación.

La codificación consiste en asignar un código binario (carácter compuesto por 8 bits) a cada muestra PAM, de acuerdo al valor que corresponda dentro de 256 niveles de cuantificación ( $2^8$ ), que más se aproxime a la muestra en cuestión.

Un sistema PCM además de transmitir los canales de información, las palabras de sincronía y alarmas, contiene información acerca del control y supervisión del estado de los mismos, denominada como señalización, donde, la señalización por canal asociado consiste en una palabra digital de 4 bits (a, b, c, d), y como la ranura de tiempo posee 8 dígitos, los primeros 4 bits corresponden a la señalización de los canales del 1 al 15, y los 4 bits restantes, son para la señalización de los canales del 16 al 30.

La mejor manera de adaptar la señal PCM al medio de transmisión (transporte), lo constituye el proceso de codificación, que es el dar un tratamiento a la señal PCM tal que se tenga un control de ella mediante el empleo de símbolos y reglas (códigos) que permitan a los circuitos y sistemas de transmisión y recepción procesar con un mínimo de error la señal de información, los códigos por lo tanto, permiten un tratamiento seguro y confiable de las señales de información a través de los sistemas de telecomunicaciones.

El capítulo 4 muestra un panorama general de las características de dos de los métodos más importantes en la transmisión de información como audio, datos y video que se utilizan en la red de transporte actualmente para el envío del mayor número posible de líneas telefónicas. Estas tecnologías son la Jerarquía Digital Plesiócrona, (PDH), y la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Los sistemas con jerarquía digital plesiócrona, son equipos que multiplexan señales digitales del tipo plesiócrono de orden jerárquico inferior, en un tren de pulsos digitales de velocidad superior, siendo las señales tributarias de 2 Mb/s las de más baja tasa de bits, que

se multiplexan en pasos asíncronos fijos para constituir y transmitir una señal de alta velocidad. En el proceso de la multiplexación debe tenerse en cuenta que las velocidades binarias de los sistemas tributarios tienen un margen de tolerancia, por lo que no son sincronicas, consecuencia de que las señales pueden provenir de diferentes sistemas con diferentes fuentes de reloj, por lo que, las señales poseen una velocidad nominal +/- un margen de tolerancia, razón por la cual se les llama plesiócronicas o casi sincronicas. En las redes plesiócronicas los tributarios eléctricos están recomendados por el ITU-T hasta el nivel de 140 Mb/s.

Por lo que respecta al SDH, se puede decir que es una tecnología constituida por una serie de recomendaciones del ITU-T, para poder introducir una red de transmisión universal en todo el mundo, de muy alta calidad a un costo relativamente bajo. Esta tecnología permite el mezclado de sistemas PDH americanos y europeos, de tal forma que, en un mismo sistema es posible transmitir señales PDH de norma americana de 1.544 Mb/s y señales con norma europea de 2.048 Mb/s. La SDH se basa en el módulo de transporte denominado como STM-1 de 155 Mb/s, donde, se integra una velocidad de transmisión máxima que corresponde aproximadamente a la señal de 140 Mb/s en PDH, así como una gran cantidad de información útil para la gestión de red.

En SDH el orden estructurado de todas las señales dentro de una sola trama hace posible el tratar señales de cualquier nivel de la jerarquía, en unidades cerradas correspondientes a los tributarios, de tal forma que una gran central de conmutación se convierte en una sola unidad en la cual se separa una gran cantidad de señales de alta velocidad en sus componentes, pues, se desconectan las señales individuales y se vuelven a integrar en nuevas señales de alta velocidad.

En los sistemas PDH se observa que para poder multiplexar o demultiplexar una tributaria, es necesario contar con el equipo de multiplexación/demultiplexación de cada nivel jerárquico intermedio, mientras que en los sistemas SDH no es necesario demultiplexar todos los barridos, ya que se tiene la posibilidad de transportar señales de diferentes jerarquías en un solo módulo de transporte síncrono denominado STM-1. Por otro lado, la estructura de un STM-1 en SDH trabaja con octetos mientras la estructura se repite con una frecuencia de 8 KHz (125  $\mu$ s).

Todas las jerarquías parten de una velocidad base a nivel del canal de 64 Kb/s sobre la que se estructuran los niveles jerárquicos en cualquier sistema, en México, los sistemas de multiplexación digital que se utilizan, se basan en el sistema europeo.

Las redes de telecomunicaciones, sus elementos, características, clasificación y tipos, son tratadas en el capítulo 5, así como la topología de redes más empleada en la actualidad.

La comunicación entre dos puntos distantes utilizando las redes de telecomunicaciones es posible con la ayuda de dos dispositivos terminales y solo una línea de transmisión, sin embargo, para efectuar la comunicación entre varios usuarios distantes con únicamente una línea de transmisión se necesita la ayuda de un dispositivo conmutador, capaz de seleccionar la trayectoria específica necesaria, creando con esto un arreglo matricial, mejor conocido como red conmutada simple, de esta forma, las líneas de transmisión se transforman en un arreglo complejo de sistemas de transmisión y conmutadores, mejor conocida como Red de Transporte y Conmutación, donde la integración de sistemas de transmisión y dispositivos de conmutación dan origen al Nodo, que es compartido con múltiples usuarios. Bajo esta filosofía, una integración de estos arreglos vienen a conformar lo que es una Red Telefónica de Conmutación Pública (RTCP), complementada por las líneas troncales que interconectan a los nodos.

Las redes de telecomunicaciones, tienen como finalidad la interconexión geográfica entre los usuarios a través de las centrales telefónicas en las diferentes modalidades, de esta manera, las empresas que brindan el servicio de telecomunicaciones, tienden a la integración de las redes de audio, datos y video en una sola para proporcionar un servicio completo a sus suscriptores.

Las redes de telecomunicaciones, de acuerdo a la cantidad y al tipo de información que procesan entre nodos, pueden dividirse en redes no integradas, semi-integradas o totalmente integradas, siendo el nodo el punto donde se realiza la conmutación o conexión de dispositivos entre la línea de usuario y la línea troncal necesario para establecer la comunicación entre puntos distantes.

La red troncal es un arreglo de transporte de información constituido básicamente por dos tipos de elementos; los sistemas de transmisión y los medios de transmisión, donde se

tiene como finalidad enlazar los nodos del área circunvecina con el nodo considerado, para canalizar la información de los usuarios conectados a la red. De esta manera, la conexión entre los diferentes nodos de una red de telecomunicaciones (topología de redes), se puede realizar bajo diferentes formas, atendiendo a las necesidades específicas del área que cubre y los usuarios involucrados, tales configuraciones pueden ser punto a punto, estrella, cadena, malla o una red en configuración de anillo.

En una red de telecomunicaciones real, el número de nodos y la ubicación de estos, se determina de acuerdo a las condiciones de densidad demográfica que se necesite satisfacer. Por consiguiente, el número total de líneas troncales entre los nodos por construir, deberá satisfacer la demanda del servicio que pueda cubrir las necesidades de los usuarios de esa zona.

La planeación, construcción, implementación, prueba y puesta en servicio de las redes de telecomunicaciones, así como la administración de las mismas, para cubrir las necesidades de servicios de comunicación en un área metropolitana, son los objetivos que se tratan en el capítulo 6.

En el año de 1978 la Organización Internacional de Estándares (I.S.O.) nombra un comité encargado de crear una arquitectura de red, estructura cuya finalidad involucra el acoplamiento entre diversos elementos de red, o sistemas abiertos, dándose el surgimiento de capas y protocolos, que permiten la comunicación entre los usuarios.

Las normas y recomendaciones que sustentan la arquitectura de red son emitidas por organismos tales como el I.E.E.E., E.I.A., I.S.O., A. N. S. I., y la C.C.I.T.T., que ahora se denomina como I.T.U., y que particularmente se creó la I.T.U.-T., como el sector de estandarización de telecomunicaciones de la I.T.U.

La construcción, operación, mantenimiento y administración de las redes de telecomunicaciones, implica algoritmos y estrategias, llevando esto a la creación de planes fundamentales capaces de marcar las directrices a seguir para el correcto funcionamiento de las redes.

Los planes fundamentales de las redes de telecomunicaciones son: el plan de transmisión, encargado de garantizar la calidad de transmisión y recepción de información;

el plan de numeración y enrutamiento, que crea las trayectorias correctas de las direcciones electrónicas de los usuarios involucrados en un enlace de telecomunicaciones; plan de monitoreo de uso, supervisa la capacidad de servicio y buen funcionamiento de la red existente, así como su proyección a futuro para satisfacer las demandas de servicios a usuarios sin demeritar en la calidad; plan de tarifación y contabilidad, responsable de los aspectos financieros de las empresas que brindan los servicios de telecomunicaciones a los suscriptores, como también se encarga de la emisión de boletas de cobro a usuarios por los servicios que proporciona; plan de mantenimiento, se ocupa de garantizar tanto la buena calidad como el brindar un servicio sin interrupciones a los usuarios; y el plan de sincronización, que contempla el funcionamiento sincronizado de las centrales digitales para elevar la calidad del procesamiento de las señales de información.

La construcción de los segmentos de red de transporte, para su ejecución y administración, se efectúan mediante una orden de trabajo, en donde se especifica el lugar, el tipo y el trabajo a realizar, así como los responsables involucrados desde su proyección, realización y puesta en servicio de los mismos.

## ***BIBLIOGRAFÍA.***

Tocci, Ronald J. Ingeniería Electrónica.

México. Mc Graw-Hill / Interamericana de México. 1992. Vol. 4.

Temes, Lloyd. Comunicación electrónica.

México. Ed. Mc. Graw Hill. Serie Shaums. 1986.

E.N.E.P.- Aragón, U.N.A.M.

Manual de Prácticas de Laboratorio de Teoría Electromagnética I.

México 1983.

Herrera Pérez, Enrique. Fundamentos de Ingeniería Telefónica.

México. Ed. Limusa. 1983.

Díaz de la Iglesia, Raymundo. Comunicaciones por Fibra Óptica.

España. Ed. Marcombo.

Intelmex. Redes de Telecomunicaciones.

México. Telmex. 1997.

Cario Cabrera, Jesús E. y Parrao López, Manuel A.

Mantenimiento y supervisión a equipos SDH., Tesis.

Esc. Sup. de Ing. Mec. y Eléctrica. I.P.N. México 1996.

Flores Mendoza, Roberto., Salas Candia, Jesús., y Vázquez Ceballos, Sergio.

Jerarquía Digital Síncrona. México. Telmex. 1997.

Wandel & Golterman.

La nueva Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Cubillo León, Lorenzo. Principios de Fibras Ópticas.

México. Alcatel-Indetel.

Phillips Kommunikations Industrie Ag.

SDH - Jerarquía Digital Síncrona. Alemania. 1992.

Fromow Rangel, Mario G.

Seminario Introducción a la transmisión de datos.

México. Inttelmex. 1997.

Poom Medina, José Luis.

Seminario Redes de Área Metropolitana (MAN).

México. Inttelmex. 1997.

Hidalgo Vega, Martín.

Criterios de selección del medio de transmisión de información para optimizar el acceso de las redes privadas a la red pública, en las telecomunicaciones contemporáneas. Tesis.

E.N.E.P.- Aragón. U.N.A.M. México. 1996.

Contreras R., Pedro., Nasar G., Raúl y Poom M., Jose L.

Técnicas PCM primer orden. México. Inttelmex. 1997.

Herrera Pérez, Enrique.

Introducción a las Telecomunicaciones modernas.

México. Ed. Limusa. 1998.

Cadena R., Ismael., Hernández G., Ernesto y Gutiérrez L., Antonio.

Redes de Telecomunicaciones. México. Inttelmex. 1998.

Tocci, Ronald J. Sistemas Digitales : Principios y aplicaciones.

México. Prentice Hall Hispanoamericana. 1993. 5ª. Ed. 823 pp.

Bogart Jr, Theodore F. Electronic Devices and Circuits.

Singapore. Mc Millan Publishing Company. 1986. 965 pp.

Damaye, R. Optoelectrónica : Fundamentos Teóricos y aplicaciones prácticas.  
España. Ed. Paraninfo. 1974. 243 pp.

Deboo, Gordon J. & Burrous, Clifford N.  
Integrated Circuits and Semi Conductor Devices : Theory and application.  
Singapore. Mc Graw-Hill. 1985. Second Edition. 479 pp.

Horenstein, Mark N. Microelectrónica : Circuitos y dispositivos.  
México. Prentice Hall Inc. 1997. 2ª. Ed. 1126 pp.

Taub, Herbert & Schilling, Donald. Digital Integrated Electronics.  
Singapore. Mc Graw-Hill. 1997. 650 pp.

Motorola Inc. Optoelectronics Device Data.  
U.S.A. Motorola Inc. 1983.

Fromow, Rangel; Mario, Germán & Parrao López, Manuel.  
Inttelmex. Introducción a la Red Pública de Datos, Uninet.  
México. Telmex. 1996.

Amicee. Instrumentación Digital.  
México. Ed. Limusa. 1989. 483 pp.

Holbrook, James G. Transformada de Laplace para Ingenieros en Electrónica.  
México. Ed. Limusa. 1979. 1ª. Reimpresión. 360 pp.

Inttelmex. Jerarquía Digital Síncrona.  
México. Telmex. 1997.

Poom Medina, José L. Seminario Modo de Transferencia Asíncrona (ATM).  
Inttelmex. México. 1997.

Inttelmex. Multiplexores Digitales de Alto Orden (PDH).

México. Telmex. 1997.

Nec. Manual Multiplexor de Inserción-Extracción de Banda Ancha SMS-600 W.

Nec. Corporation. Japón. 1994.

Van Den Berg, Anne. Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

México. Telecomunicaciones y Sistemas Profesionales (TSP).

At&t and Philips Telecommunications.

Transmission Systems, Equipment Descriptions, Type 8TR642, 8TR643, 8TR644/11. At&t, Philips. 1987. 2ª. Ed.

At&t Network Systems Nederland.

140 Mb/s Optical Transmission System. Type 8TR 694/51. Operations Manual.

At&t. NSN. 1991. 3ª. Ed.

Halsall, Fred. Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos.

México. Ed. Addison Wesley Longman. 1998. 4ª. Edición.

Ericsson. Manuales de equipos multiplexores digitales programa 88.

Vol. 1 (2). Estocolmo, Suecia. 1987.

Ericsson. Multiplexor Digital Síncrono de extracción/inserción.

Manual del sistema AXD 620-2 R 3.1. España. 1998.

Ericsson. Multiplexor digital síncrono de extracción/inserción de 2500 Mb/s.

Manual del sistema AXD 2500-2 R 2.1. (ADM-16). España. 1999.

Alcatel. Manual 1641 SM (STM-1). Alcatel Telecom.

Alcatel. Manual 1651 SM (STM-4). Alcatel Telecom.

Alcatel. Manual 1664 SM (STM-16). Alcatel Telecom.

Alcatel. Manual Técnico de equipo 1664SM, versión 2.1.

Jardón Aguilar, Hildeberto., y, Linares y Miranda, Roberto.

Sistemas de Comunicaciones por Fibras Ópticas.

México. Ed. Alfaomega. 1999. 262 pp.

# ***ANEXOS.***

***ANEXO – A.***

***RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS  
DE UNIDADES DE ALTA  
VELOCIDAD.***

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES MUX/DEMUX PCM.</b>	
Número de canales de audio	30 máximo
Frecuencia de muestreo	8 KHz
Bits por intervalo de tiempo	8 Bits
Duración de un bit	488 vs
Duración de un intervalo de tiempo	3.9 $\mu$ s
Intervalos por trama	32 intervalos
Duración de una trama	125 $\mu$ s
Velocidad binaria alta	2.048 Mb/s +/- 50 ppm
Código de línea	HDB3
Forma del pulso	ITU-T G.703
Señalización	Interfuncionamiento c/mux señalización
Velocidad binaria baja	64 Kb/s
Duración del impulso (datos/temporización)	15.6 $\mu$ s / 7.8 $\mu$ s
Amplitud de impulso (datos y temporización)	1 Volt sobre 120 Ohms
Señales en línea (datos)	AMI, ciclo de trabajo 100%
Señales en línea (temporización)	AMI, ciclo de trabajo 50%
Forma de pulso de señal (64Kb/s y 64KHz)	ITU-T G.732
Bits de señalización	En TS-16 de cada trama
Palabra de alineamiento de trama	En TS-0 de tramas alternas
Bit de transmisión de alarma	Bit en TS-0 sin palabra alineam. trama
Banda de frecuencias (4 hilos y 2 hilos)	300-3400 Hz
Impedancia de entrada y salida (4 hilos / 2 hilos)	600 Ohms / 600 ó 900 Ohms
Nivel de entrada (4 hilos)	de -14 dBr a +1dBr, c/increm. 0.5 dB
Nivel de salida (4 hilos)	de -11 dBr a +4 dBr, c/increm. 0.5 dB
Nivel de entrada (2 hilos)	0 dBr
Nivel de salida (2 hilos)	0 ó -2 dBr
Respuesta de frecuencias	ITU-T G.712
Linealidad	ITU-T G.712
Relación señal/ruido	ITU-T G.712
Ruido en un canal en reposo	ITU-T G.712
Diafonía	ITU-T G.712
Tensión de alimentación	de -48 a -60 Vcd
Consumo de energía a sistema completo	9 watts nominal
Margen de temperaturas ambientes (nom., extrem.)	de -5 a +45 °C, -15 a +55 °C

**RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DE ALTA VELOCIDAD.**

Tipo de sistema:	Muldex 2° orden
Velocidad de operación:	Multiplex digital 2-8 Mb/s
Recomendaciones C.C.I.T.T.asociadas:	G.702, G.703, G.742, G.823
Método de sincronización:	Justificación positiva
Señal de entrada en baja velocidad:	2.048 Mb/s
Tasa de bits:	2.048 Mb/s +/- 50 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados
Tolerancia del Jitter de entrada:	G.823
Señal de salida en baja velocidad:	2.048 Mb/s
Tasa de bits:	2.048 Mb/s +/- 50 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Tolerancia del Jitter de salida:	G.823
Transferencia de Jitter:	G.742
Señal de salida en alta velocidad:	8.448 Mb/s
Tasa de bits:	8.448 Mb/s +/- 30 ppm
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Señal de entrada en alta velocidad:	8.448 Mb/s
Tasa de bits:	8.448 Mb/s +/- 30 ppm
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DE ALTA VELOCIDAD.</b>	
Tipo de sistema:	Muldex 3° orden
Velocidad de operación:	Múltiplex digital 8-34 Mb/s
Recomendaciones C.C.I.T.T.asociadas:	G.702, G.703, G.751, G.823
Método de sincronización:	Justificación positiva
Señal de entrada en baja velocidad:	8.448 Mb/s
Tasa de bits:	8.448 Mb/s +/- 30 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados
Tolerancia del Jitter de entrada:	G.823
Señal de salida en baja velocidad:	8.448 Mb/s
Tasa de bits:	8.448 Mb/s +/- 30 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Tolerancia del Jitter de salida:	G.823
Transferencia de Jitter:	G.751
Señal de salida en alta velocidad:	34.368 Mb/s
Tasa de bits:	34.368 Mb/s +/- 20 ppm
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Señal de entrada en alta velocidad:	34.368 Mb/s
Tasa de bits:	34.368 Mb/s +/- 20 ppm
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	1.00 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DE ALTA VELOCIDAD.</b>	
Tipo de sistema:	Muldex 4° orden
Velocidad de operación:	Múltiplex digital 34-140 Mb/s
Recomendaciones C.C.I.T.T.asociadas:	G.702, G.703, G.751, G.823
Método de sincronización:	
Señal de entrada en baja velocidad:	34.368 Mb/s
Tasa de bits:	34.368 Mb/s +/- 20 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	1.00 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados
Tolerancia del Jitter de entrada:	G.823
Señal de salida en baja velocidad:	34.368 Mb/s
Tasa de bits:	34.368 Mb/s +/- 20 ppm
Número de tributarios:	4
Código:	HDB-3
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	2.37 Volts
Tolerancia del Jitter de salida:	G.823
Transferencia de Jitter:	G.751
Señal de salida en alta velocidad:	139.264 Mb/s
Tasa de bits:	139.264 Mb/s +/- 15 ppm
Código:	CMI
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	1.00 Volts
Señal de entrada en alta velocidad:	139.264 Mb/s
Tasa de bits:	139.264 Mb/s +/- 15 ppm
Código:	CMI
Amplitud nominal del pulso (75 Ohms):	1.00 Volts
Impedancia de entrada:	75 Ohms desbalanceados

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE UNIDADES DE ALTA VELOCIDAD.</b>				
<b>INTERFAZ ELÉCTRICO.</b>				
Velocidad de bit:	139.264 Mb/s +/- 15 ppm			
Código:	CMI			
Impedancia:	75 Ohms desbalanceados			
Amplitud de pulso:	1.00 +/- 0.1 Volt			
Plantilla de pulso:	G.703			
<b>INTERFAZ ÓPTICO.</b>				
Velocidad de símbolos:	178.258 Mbaud			
Código de línea señal óptica:	Binario aleatorizado +5B6B			
Longitud de onda:	1300 nM L.D.	1300 nM Med	1300 nM Loc	1550 nM
Potencia de salida:	=-5 dBm	=-17 dBm	=-17 dBm	=-4 dBm
Longitud de onda:	1285-1330	1270-1340	1270-1340	1530-1570
Sensibilidad	=-37 dBm	=-37 dBm	=-30 dBm	=-37 dBm
Potencia de entrada máxima permisible:	=-12 dBm	=-12 dBm	=-12 dBm	=-12 dBm

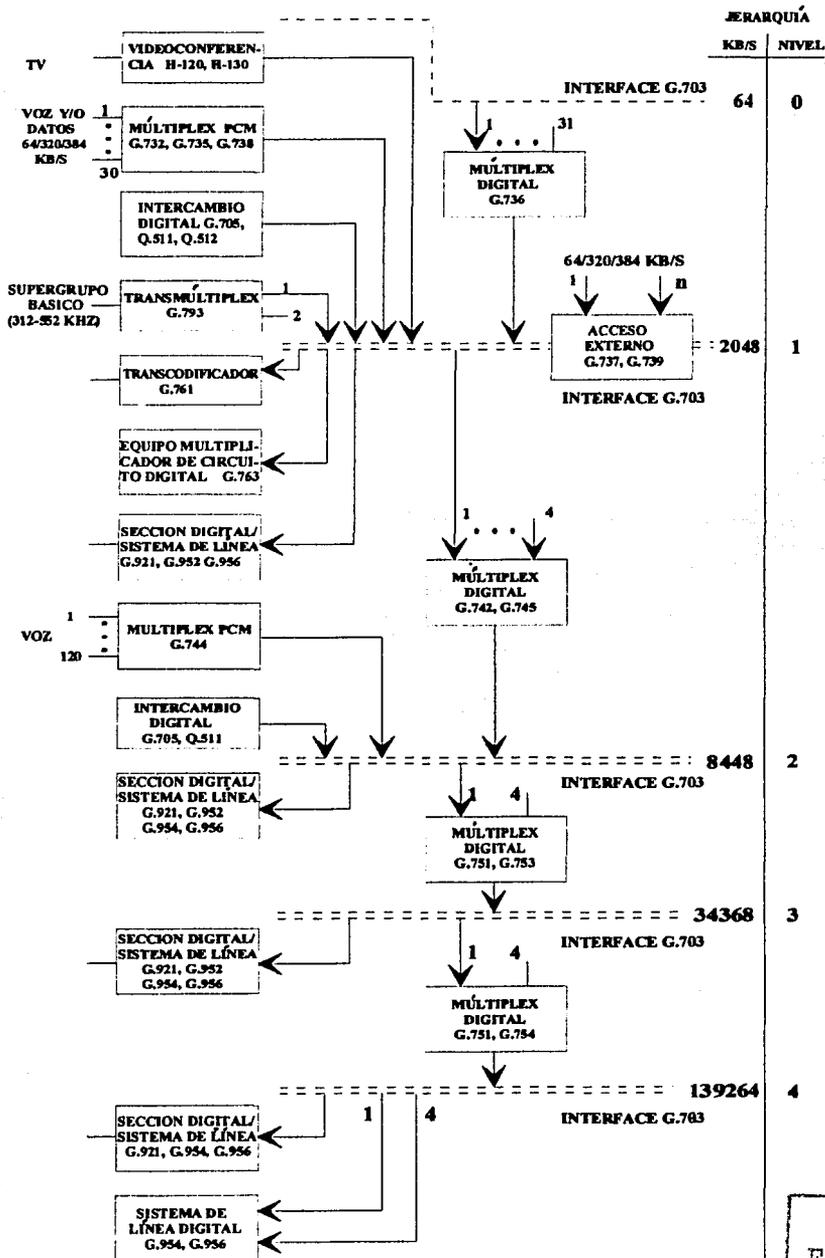
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS ÓPTICOS STM-1.</b>					
		<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>		
<b>SEÑAL DIGITAL</b>		<b>Mb/s</b>	<b>STM-1 (ITU-T G.707, G.958) 155.520</b>		
<b>Tipo de unidad</b>			<b>S-1.1</b>	<b>L-1.1</b>	<b>L-1.2</b> <b>L-1.3</b>
<b>Margen de longitud de onda de operación</b>		<b>vm</b>	1285 1330	1285 1330	1530 1570
<b>Módulo de Transmisión</b>					
<b>Tipo de transmisor</b>			<b>FP-LD</b>	<b>FP-LD</b>	<b>DFB-LD</b>
<b>Potencia de la señal de salida:</b>					
	<b>Máxima</b>	<b>dBm</b>	-8	0	0
	<b>Típica</b>	<b>dBm</b>	-12	-2.7	-2.7
	<b>Mínima</b>	<b>dBm</b>	-15	-5	-5
<b>Módulo de Recepción</b>					
<b>Tipo de receptor</b>			<b>PIN-FET</b>	<b>PIN-FET</b>	<b>PIN-FET</b>
<b>Sensibilidad mínima</b>		<b>dBm</b>	-34	-34	-34
* Niveles de potencia óptica: S, L - X, Y					
S: Short o de corto alcance			L: Long o de largo alcance		
X: Velocidad expresada en STM-N,			N= 1, 4, 16, 64		
Y: Ventana de operación; 1= 2da. Ventana 1330 vm; 2= 3ra. Ventana 1550 vm.					

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS ÓPTICOS STM-4.</b>					
	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>			
<b>SEÑAL DIGITAL</b>	<b>Mb/s</b>	<b>STM-4 (ITU-T G.707, G.958) 622.080</b>			
Tipo de unidad		S-4.1	L-4.1	L-4.2	L-4.3
Margen de longitud de onda de operación	vm	1285	1296	1530	1530
		1330	1329	1560	1570
<i>Módulo de Transmisión</i>					
Tipo de transmisor		FP-LD	DFB-LD	DFB-LD (Peltier)	DFB-LD
Potencia de la señal de salida:					
Máxima	dBm	-8	2	2	2
Típica	dBm	-11	-0.5	-0.5	-0.5
Mínima	dBm	-15	-3	-3	-3
<i>Módulo de Recepción</i>					
Tipo de receptor		APD (Ge)	APD (Ge)	APD (Ga As)	
Sensibilidad mínima	dBm	-34	-34	-36	-36
Potencia máxima entrada	dBm	-8	-8	-8	-8
* Niveles de potencia óptica: S, L - X, Y					
S: Short o de corto alcance		L: Long o de largo alcance			
X: Velocidad expresada en STM-N,		N= 1, 4, 16, 64			
Y: Ventana de operación; 1= 2da. Ventana 1330 vm; 2= 3ra. Ventana 1550 vm.					

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

<b>RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS ÓPTICOS STM-16.</b>					
	<b>Unidad</b>	<b>Valores</b>			
<b>SEÑAL DIGITAL</b>	<b>Mb/s</b>	<b>STM-16 (ITU-T G.707, G.958) 2 488.320</b>			
Tipo de unidad		S-16.1	L-16.1	L-16.2	JE-16.2
Margen de longitud de onda de operación	vm	1285 1330	1285 1330	1530 1560	1530 1570
<i>Módulo de Transmisión</i>					
Tipo de transmisor		DFB-LD	DFB-LD	DFB-LD	EA-LD
Potencia de la señal de salida:		(Peltier)	(Peltier)	(Peltier)	(Peltier)
Máxima	dBm	0	2	2	4
Típica	dBm	-1.5	0	1	2
Mínima	dBm	-5	-2	-2	0
<i>Módulo de Recepción</i>					
Tipo de receptor		PIN	APD (GAS)		
Sensibilidad mínima	dBm	-18	-27	-28	-29
* Niveles de potencia óptica: S, L - X, Y					
S: Short o de corto alcance		L: Long o de largo alcance			
X: Velocidad expresada en STM-N,		N= 1, 4, 16, 64			
Y: Ventana de operación; 1= 2da. Ventana 1330 vm; 2= 3ra. Ventana 1550 vm.					



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TASA DE BITS JERÁRQUICOS PARA RED CON JERARQUÍA DIGITAL EN BASE AL PRIMER NIVEL DE 2.048 MB/S.

***ANEXO – B.***

***RESUMEN DE  
RECOMENDACIONES ITU-T.***

**RECOMENDACIONES ITU-T DE LA SERIE G.*****SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y MEDIA, SISTEMAS Y REDES DIGITALES.***

<b>SERIES:</b>	<b>DESCRPCIÓN.</b>
----------------	--------------------

G.100 – G.199      Circuitos y conexiones telefónicas internacionales.

***SISTEMA DE TRANSPORTE ANALÓGICO INTERNACIONAL.***

G.200 – G.299      Características generales comunes para todo sistema de transporte de transmisión analógica.

G.300 – G.399      Características individuales de transporte internacional de sistemas telefónicos y líneas metálicas.

G.320 – G.329      Sistemas de transporte telefónico en pares de cable simétrico balanceado para grupos o supergrupos.

G.330 – G.339      Sistema de transporte en pares de cable coaxial de 2.6/9.5 mm.

G.340 – G.349      Sistema de transporte en pares de cable coaxial de 1.2/4.4 mm.

G.350 – G.399      Recomendaciones adicionales en sistemas por cable.

G.400 – G.449      Características generales de sistemas internacionales de transporte telefónico en enlaces de radio o satélite, e interconexiones con líneas metálicas.

G.450 – G.499      Coordinación de radio - telefonía y líneas telefónicas.

G.600 – G.699      **CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE MEDIA.**

G.600 – G.609      Generales.

G.610 – G.619      Pares de cable simétrico.

G.620 – G.629      Pares de cable coaxial terrestre.

G.630 – G.649      Cables submarinos.

- G.650 – G.659 Cables de fibra óptica.  
G.660 – G.699 Características de componentes ópticos y subsistemas.

***EQUIPOS DE PRUEBA, CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE MEDIA Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DIGITAL.***

- G.700 – G.799 EQUIPOS TERMINALES.  
G.700 – G.709 Generales.  
G.710 – G.719 Codificación de señales analógicas por PCM.  
G.720 – G.729 Codificación de señales analógicas por métodos diferentes a PCM.  
G.730 – G.739 Principales características de equipos múltiplex de primer orden.  
G.740 – G.749 Principales características de equipos múltiples de segundo orden.  
G.750 – G.759 Principales características de equipos múltiplex de alto orden.  
G.760 – G.769 Principales características de equipo de transcodificación y multiplicación digital.  
G.770 – G.779 Operación, administración y mantenimiento del buen estado de los equipos de transmisión.  
G.780 – G.789 Principales características de equipo de multiplexación para la jerarquía digital síncrona.  
G.790 – G.799 Otros equipos terminales.
- G.800 – G.899 REDES DIGITALES.  
G.800 – G.809 Aspectos generales.  
G.810 – G.819 Diseño de los objetivos para las redes digitales.  
G.820 – G.829 Objetivos de calidad y disponibilidad.  
G.830 – G.839 Capacidades y funciones de red.  
G.840 – G.849 Características de redes SDH.  
G.850 – G.859 Red de gestión de Telecomunicaciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

G.900 – G.999	<b>SECCIONES DIGITALES Y SISTEMA DE LÍNEA DIGITAL.</b>
G.900 – G.909	Generales.
G.910 – G.919	Parámetros para sistemas por cable de fibra óptica.
G.920 – G.929	Secciones digitales para tasa de bit jerárquica basadas en una tasa de bits de 2.048 Mb/s.
G.930 – G.939	Sistemas de transmisión de línea digital en cable con tasas de bit no jerárquica.
G.940 – G.949	Sistemas de línea digital provista por la transmisión de portadoras de FDM.
G.950 – G.959	Sistemas de línea digital.
G.960 – G.969	Sección digital y sistemas de transmisión digital para usuarios de acceso a la red digital de servicios integrados.
G.970 – G.979	Sistemas de cable submarino de fibra óptica.
G.980 – G.989	Sistemas de línea óptica para redes locales y de acceso.
G.990 – G.999	Redes de acceso.

## ITU-T

## DESCRIPCIÓN

- G.652 Características del cable de fibra óptica monomodo.
- G.653 Características de dispersión desplazada del cable de fibra óptica monomodo.
- G.654 Características de la longitud de onda de 1550 nm con mínimo de pérdidas en un cable de fibra óptica monomodo.
- G.703 Características físicas/eléctricas de interfaces digitales jerárquicos.
- G.707 Tasa de bits de la SDH.
- G.708 Interfaz de nodo de red para SDH.
- G.709 Estructura de multiplexación síncrona.
- G.742 Equipo de multiplexación digital de segundo orden operando a 8.448 Mb/s y uso de justificación positiva.
- G.751 Equipos de multiplexación digital de tercer orden operando a 34.368 Mb/s y de cuarto orden trabajando a una tasa de bits de 139.264 Mb/s, haciendo uso de la justificación positiva.
- G.771 Interfaces Q y protocolos asociados para el equipo de transmisión en la red de la gestión de Telecomunicaciones (TMN).
- G.773 Series de protocolos para interfaces Q para la gestión de sistemas de transmisión.
- G.781 Estructuras de las recomendaciones en el equipo de multiplexación para la SDH.
- G.782 Tipos y características generales del equipo de multiplexación de SDH.
- G.783 Características de los bloques funcionales del equipo de multiplexación de SDH.
- G.784 Gestión de SDH.
- G.803 Arquitecturas de las redes de transporte basadas en SDH.
- G.811 Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios adecuados para el funcionamiento plexiócrono de enlaces digitales internacionales.

TESIS CON  
MEDIO EN ORIGEN  
NOO 31521

- G.821 Gestión de errores de una conexión digital internacional que forma parte de la RDSI.
- G.822 Control de la tasa de fluctuación de fase en una conexión digital internacional.
- G.823 Control de fluctuación de fase y wander en redes digitales con jerarquía de 2.048 Mb/s.
- G.824 Control de fluctuación de fase y wander en redes digitales con jerarquía de 1.54 Mb/s.
- G.825 Control de fluctuación de fase y wander en redes digitales de SDH.
- G.826 Parámetros de prestación de errores y objetivos para trayectos digitales de velocidad de bit constante a velocidad primaria o por encima de la misma.
- G.831 Capacidades de gestión de red de transporte de SDH.
- G.841 Tipos y características de arquitecturas de protección de redes SDH.
- G.955 Sistemas digitales de línea
- G.956 Sistemas digitales de línea con jerarquía de 2.048 Mb/s en cables de fibra óptica.
- G.957 Interfaces ópticas para equipos y sistemas de SDH.
- G.958 Sistemas digitales de línea de SDH que emplea cables de fibra óptica.

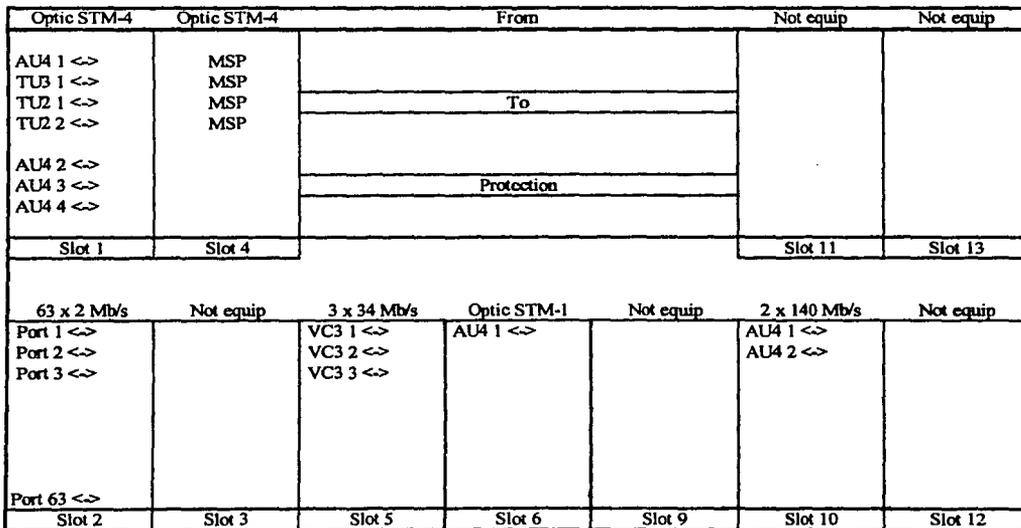
***ANEXO – C.***

***ESQUEMAS DEL SISTEMA  
L-AXD 620 ERICSSON.***

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- SLOT 1: Unidad óptica STM-4 de trabajo.  
 SLOT 2: Unidad tributaria de 63 x 2 Mb/s.  
 SLOT 3: No equipada.  
 SLOT 4: Unidad óptica STM-4 de respaldo.  
 SLOT 5: Unidad tributaria de 3 x 34 Mb/s.  
 SLOT 6: Unidad tributaria óptica STM-1.  
 SLOT 7: Unidad de crossconexión de trabajo.  
 SLOT 8: Unidad de crossconexión de respaldo.  
 SLOT 9: No equipada.  
 SLOT 10: Unidad tributaria de 2 x 140/155 Mb/s.  
 SLOT 11: No equipada.  
 SLOT 12: No equipada.  
 SLOT 13: No equipada.  
 SLOT 14: Unidad del canal de servicio (EOW).  
 SLOT 15: Unidad controladora ( $\mu$ P).  
 SLOT 16: Unidad de alarmas.

ESQUEMA LÓGICO.

TESTE CON  
 PALA DE ORIGEN

## ESTRUCTURA DE UN STM-1 EN AU, TU3's, TU2's y TU12's.

AU4-1*TU3-1*

TU2-1	
TU12-1	VC12-1
TU12-2	VC12-2
TU12-3	VC12-3
TU2-2	
TU12-1	VC12-4
TU12-2	VC12-5
TU12-3	VC12-6
TU2-3	
TU12-1	VC12-7
TU12-2	VC12-8
TU12-3	VC12-9
TU2-4	
TU12-1	VC12-10
TU12-2	VC12-11
TU12-3	VC12-12
TU2-5	
TU12-1	VC12-13
TU12-2	VC12-14
TU12-3	VC12-15
TU2-6	
TU12-1	VC12-16
TU12-2	VC12-17
TU12-3	VC12-18
TU2-7	
TU12-1	VC12-19
TU12-2	VC12-20
TU12-3	VC12-21

*TU3-2*

TU2-1	
TU12-1	VC12-22
TU12-2	VC12-23
TU12-3	VC12-24
TU2-2	
TU12-1	VC12-25
TU12-2	VC12-26
TU12-3	VC12-27
TU2-3	
TU12-1	VC12-28
TU12-2	VC12-29
TU12-3	VC12-30
TU2-4	
TU12-1	VC12-31
TU12-2	VC12-32
TU12-3	VC12-33
TU2-5	
TU12-1	VC12-34
TU12-2	VC12-35
TU12-3	VC12-36
TU2-6	
TU12-1	VC12-37
TU12-2	VC12-38
TU12-3	VC12-39
TU2-7	
TU12-1	VC12-40
TU12-2	VC12-41
TU12-3	VC12-42

*TU3-3*

TU2-1	
TU12-1	VC12-43
TU12-2	VC12-44
TU12-3	VC12-45
TU2-2	
TU12-1	VC12-46
TU12-2	VC12-47
TU12-3	VC12-48
TU2-3	
TU12-1	VC12-49
TU12-2	VC12-50
TU12-3	VC12-51
TU2-4	
TU12-1	VC12-52
TU12-2	VC12-53
TU12-3	VC12-54
TU2-5	
TU12-1	VC12-55
TU12-2	VC12-56
TU12-3	VC12-57
TU2-6	
TU12-1	VC12-58
TU12-2	VC12-59
TU12-3	VC12-60
TU2-7	
TU12-1	VC12-61
TU12-2	VC12-62
TU12-3	VC12-63

TESIS CON  
FOLIA DE ORIGEN

## CROSSCONEXIONES DE SEÑALES DE 2, 34 Y 155 MB/S.

<u>Slot 1: STM-4</u>		<u>Slot 2: 63x2 Mb/s</u>	<u>No. y velocidad</u>
AU4-1 <->			
TU3-1 <->			
TU2-1 <->			
TU12-1 <->	V.S.	Port 1 <->	A - B: 1 / E1
TU12-2 <->	V.S.	Port 2 <->	A - B: 2 / E1
TU12-3 <->	V.S.	Port 3 <->	A - B: 3 / E1
TU2-2 <->			
TU12-1 <->	V.S.	Port 4 <->	A - B: 4 / E1
TU12-2 <->	V.S.	Port 5 <->	A - B: 5 / E1
TU12-3 <->	V.S.	Port 6 <->	A - B: 6 / E1
TU2-3 <->			
TU12-1 <->	V.S.	Port 7 <->	A - B: 7 / E1
TU12-2 <->	V.S.	Port 8 <->	A - B: 8 / E1
TU12-3 <->	V.S.	Port 9 <->	A - B: 9 / E1

<u>Slot 1: STM-4</u>		<u>Slot 5: 3 x 34 Mb/s</u>	<u>No. y velocidad</u>
AU4-2 <->			
TU3-1 <->	V.S.	VC3-1 <->	A - B: 1 / E3
TU3-2 <->	V.S.	VC3-2 <->	A - B: 2 / E3
TU3-3 <->	V.S.	VC3-3 <->	A - B: 3 / E3

<u>Slot 1: STM-4</u>		<u>Slot 10: 155 Mb/s</u>	<u>No. y velocidad</u>
AU4-3 <->	V.S.	AU4-1 <->	A-B:3/SM01

<u>Slot 1: STM-4</u>		<u>Slot 6: 155 Mb/s</u>	<u>No. y velocidad</u>
AU4-4 <->	V.S.	AU4-1 <->	A-B:4/SM01

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

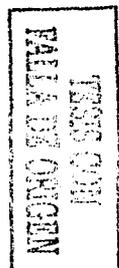
***ANEXO – D.***

***ACRÓNIMOS.***

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

ABN	Condición no normal del sistema.
AC	Corriente alterna.
ADM	Multiplexor de inserción-extracción.
AIS	Señal de indicación de alarma.
ALS	Corte de láser automático.
AMI	Inversión de marca alterna.
APD	Foto diodo de avalancha.
APS	Conmutación de protección automática.
ATM	Modo de transferencia asíncrono.
ATTD	Alarma atendida (almacenamiento de alarma).
AU	Unidad administrativa.
AU4	Unidad administrativa de nivel 4.
AU-AIS	Señal de indicación de alarma de la unidad administrativa
AU-EBER	Tasa de error de bit excesivo de la unidad administrativa.
AU-LOP	Pérdida de puntero de la unidad administrativa.
AUG	Grupo de la unidad administrativa.
AUPJ	Justificación de puntero de la unidad administrativa.
AU-SD	Degradación de la señal de la unidad administrativa.
AU-n	Unidad administrativa - n.
AUX	Unidad auxiliar.
BATT	Batería.
B2-DEG	Degradación de la señal que excede un umbral preestablecido en el rango de $10^{-5}$ a $10^{-9}$ .
B2-EBER	Tasa excesiva de error de bit en la sección múltiplex (MS-EBER).
B2-EXC	Tasa excesiva de error de bit mayor a $10^{-3}$ .
B2-SD	Degradación de la señal en la sección múltiplex (MS-SD, tasa de error de bit).
BBE	Error de bloque no prioritario.



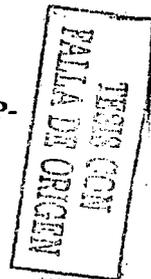
**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

BER	Tasa de error de bit.
BIP-n	Paridad de bit entrelazada.
BIT	Digital binario.
C2-MISMATCH	Disparidad de etiqueta de señal de trayecto de orden superior (HP-SLM).
C2-UNEQUIPPED	Trayecto de orden superior no equipado (HP-UNEQ).
C-n	Contenedor n.
C-4	Contenedor de Jerarquía nivel 4.
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía.
CMI	Codificación de marcas invertidas.
CPU	Unidad central de procesamiento.
CRC	Chequeo de redundancia cíclica.
CSES	Segundos severamente erróneos consecutivos.
CU	Unidad controladora.
D/A	Convertidor digital/analógico.
DC	Corriente continua.
DCC	Canal de comunicación de datos.
DCE	Equipo terminal del circuito de datos.
DTE	Equipo terminal de datos.
DXC	Interconector digital.
E	Lado Este.
EBER	Tasa excesiva de error de bit.
EIA	Asociación de industrias eléctricas.
E/O	Convertidor Eléctrico/Óptico.
EOW	Canal de servicio.
EPS	Conmutación de protección de equipo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

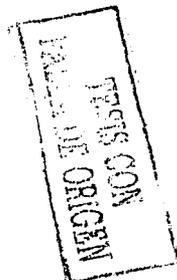
**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

ESC	Contador de segundos erróneos.
ESD	Descarga electrostática.
ETS	Estándar europeo de telecomunicaciones.
ETSI	Instituto de estándares de telecomunicaciones europeo.
EX-BER	Taza de error excesiva.
EXC 2 MB/S	Tasa excesiva de error de bit de entrada de 2 Mb/s.
EXT	Alarmas externas.
F	Interfaz para PC. Fusible.
FEBE	Error de bloque en el extremo lejano.
FERF	Fallo de recepción remota.
FIFO	Primeras entradas primeras salidas.
FP-LD	Diodo láser Fabry-Perot.
Gb/s	Gigabits ( $10^9$ ) por segundo.
GND	Tierra.
HDB <sub>3</sub>	Bipolaridad de alta densidad de orden 3.
HDLC	Control de enlace de datos de nivel superior.
HP	Alta potencia.
HO-DEG	Degradación de la señal de orden superior (información B3 BIP-8).
HO-EXC	Errores excesivos de orden superior (información B3 BIP-8).
HO-FERF	Fallo de recepción remota en trayecto de orden superior (HP-FERF, HP-RDI).
HOPF	Error de bloque remoto en trayecto de orden superior (HP-FEBE, HP-REI).
HPOM	Supervisor cabecera de trayecto superior.
HO-TIM	Desadaptación de identificador de traza de orden superior (información J1 o J2).



**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

HO-UNEQ	Señal sin equipar de orden superior (información C2).
IEC	Comité Internacional Electrotécnico.
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
IN	Entrada.
IND	Alarma indicativa.
ISO	Organización de estándares internacionales.
ITU-T	Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estándares de Telecomunicaciones.
J1-MISMATCH	Disparidad del identificador de la traza de trayecto de orden superior (HP-TIM).
JE	Conector óptico mejorado.
Kb/s	Kilobits ( $10^3$ ) por segundo.
L	Largo alcance.
LAN	Red de área local.
LAPD	Protocolo de acceso de línea.
LASER	Amplificación de luz por radiación emitida estimulada.
LC	Controlador local.
LD DEG	Láser degradado.
LD FAIL	Falla local por degradación del láser.
LED	Diodo emisor de luz.
LO-DEG	Degradación de la señal de orden inferior (información V5 BIP-2).
LO-EXC	Errores excesivos de orden inferior (información V5 BIP-2).
LO-TIM	Desadaptación de identificador de traza de orden inferior (información J1 o J2).
LO-UNEQ	Señal sin equipar de orden inferior (información C2 o V5).



**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

LOF	Pérdida de trama.
LOMF	Pérdida de multitrama.
LOP	Pérdida de puntero.
LOPF	Error de bloque remoto en el trayecto de orden inferior (LP-FEBE, LP-REI).
LOS	Pérdida de señal de entrada.
MAN	Red de área metropolitana.
Mb/s	Megabits ( $10^6$ ) por segundo.
MS	Sección multiplexora.
MS-AIS	Señal indicadora de alarma de la sección multiplexora.
MS-EBER	Tasa excesiva de error de bit en la sección multiplexora (B2-EBER).
MS-EXC	Sección múltiplex – tasa excesiva de error de bit fuente externa de entrada de 2.048 MHz, 2.048 Mb/s.
MS-FERF	Falla de recepción remota en la sección multiplexora (MS-RDI).
MSOH	Cabecera de sección multiplexora.
MSP	Protección de sección multiplexora.
MS-SD	Degradación de la señal en la sección multiplexora (tasa de error de bit, MS-BIP error).
2F MS SPRING	Protección de conexión compartida en anillo a 2 fibras en la sección múltiplex.
4F MS SPRING	Protección de conexión compartida en anillo a 4 fibras en la sección múltiplex.
MUX	Multiplexor.
NE	Elemento de red.
NMC	Centro de gestión de red.
NRZ	Sin retorno a cero.
NRZI	Sin retorno a cero invertido.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

NSAP	Punto de acceso a servicio de red.
NURG	Alarma no urgente.
OC	Adaptador óptico.
O/E	Convertidor Óptico/Eléctrico.
OFS	Segundos fuera de trama.
OH	Cabecera.
OOF	Fuera de frecuencia de 9.2 ppm detectada en la fuente activa de sincronización.
ORX	Receptor óptico.
OSF	Fundación de software abierto.
OSI	Protocolo de interconexión de sistemas abiertos.
OTI	Interfaz de terminal operativo.
OTX	Transmisor óptico.
PATH-AIS	Señal de indicación de alarma de trayecto de orden inferior (LP-AIS).
PATH-EBER	Excesiva tasa de error de bit en trayecto de orden inferior (LP-Exc).
PATH-FERF	Fallo de recepción remota en trayecto de orden inferior (LP-RDI).
PATH-LOP	Pérdida de puntero en trayecto de orden inferior (TU-LOP).
PATH-SD	Degradación de señal de trayecto de orden inferior (tasa de error de bit, LP-BIP).
PATH-UNEQUIPPED	Trayecto de orden inferior no equipado (LP-UNEQ).
PBX	Centralita privada.
PC	Ordenador personal.
PCI	Interfaz PC.
PCM	Modulación por pulsos codificados.
PLL	Circuitos de sincronización de fase.
POH	Cabecera de trayecto.
PPM	Partes por millón.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

PPS	Conmutación de protección de trayecto.
PRAI	Indicación de alarma remota de trayecto.
PROT	Protección.
PSTN	Red de telecomunicaciones de servicio público.
Q	Interfaz para la gestión de red TMN (Red de gestión de telecomunicaciones).
RDI	Identificación de defecto remoto (FERF).
REI	Indicación de error remoto (FEBE).
RFI	Indicación de fallo remoto.
RS	Sección de regeneración.
RSOH	Cabecera de la sección de regeneración.
RX	Receptor.
S	Corto alcance.
SDH	Jerarquía digital síncrona.
SEC	Reloj de equipo SDH.
SESC	Contador de segundos severamente errados.
SM	Modo sencillo. Múltiplex síncrono. Módulo de conmutación.
SMSW	Software de gestión del sistema.
SNC-P	Protección de conexión de la sub-red. Reemplaza al término conmutación de protección de trayecto PPS.
SOH	Cabecera de sección.
STM	Módulo de transporte síncrono.
STM-1	Módulo de transporte síncrono de nivel "1", señal básica de la jerarquía digital síncrona (155.52 Mb/s).
STM-n	Módulo de transporte síncrono de nivel "n", señal múltiplex de velocidad de bit de "n X 155.52 Mb/s).

TRES CON  
 FALLA DE ORIGEN

**ABREVIATURA:****DESCRIPCIÓN:**

TIM	Disparidad en el identificador de traza.
TMN	Red de gestión de telecomunicaciones.
TRIB	Interfaz para la señal principal (señal tributaria) inicio o final del sistema de transmisión.
TRIB in/out	Entrada/salida de interfaz tributaria.
TU12/TU3	Unidad tributaria.
TU-AIS	Control de la señal de indicación de alarma en trayecto de tributario (LP-AIS).
TU-EBER	Control de excesiva tasa de error de bit en trayecto de orden inferior.
TUG-n	Grupo de unidad tributaria - n.
TU-LOM	Pérdida de multitrama de la UT en trayecto de orden inferior (HP-LOM).
TU-LOP	Pérdida de puntero de trayecto en tributario.
TU-SD	Control de degradación de la señal de trayecto de orden inferior.
TU-n	Unidad tributaria - n.
TX	Transmisor.
UAS	Segundos no disponibles.
UIS	Señal de indicación no equipada.
URG	Alarma urgente.
VC12/VC3/VC4	Contenedor virtual de nivel 1, 3, 4.
VC-n	Contenedor virtual - n.
W	Lado Oeste.
WAN	Red de área amplia.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN