



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**“DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y APLICACIONES DE LA  
RED DE MICROONDAS TERRESTRES DE UNA  
EMPRESA DEL SECTOR ENERGÉTICO”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A :  
**DOMINGO TEODORO MENDOZA ROSALES**

ASESOR: ING. DAVID BERNARDO ESTOPIER BERMÚDEZ



**BOSQUES DE ARAGÓN, EDO. DE MÉXICO**

**2005**

M 346777



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *Dedico esta tesis a*

*Esas personas que no escatimaron esfuerzos y sacrificios para que yo pudiera tener la mejor educación; a esas personas que me han dado todo sin pedir nada a cambio; a esas personas que siempre han sido comprensivas conmigo; a esas personas que para mi representan lo más valioso y lo más querido: mi madre AVELINA ROSALES BRAVO y mi hermano JOSE ANTONIO MENDOZA ROSALES.*

## *Gracias*

*Al Todopoderoso; por esta vida que no merezco.*

*A esa mujer que cada mañana se levanta con la convicción de sacar adelante a sus hijos; gracias a esa mujer que no se deja vencer ante ninguna adversidad; gracias a esa mujer que todo perdona; gracias a esa mujer que transforma lo imposible en posible; gracias a esa mujer que me ha dado mucho más que la vida. Mi madre.*

*A ese muchacho que se sacrifica por mí; a ese amigo por prestarme su apoyo incondicional; gracias a ese hermano, por que sin él no hubiera podido ser lo que soy. Gracias Toño.*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México; por haberme acogido en sus aulas, laboratorios y bibliotecas; por enseñarme una forma de vida; por dejarme ser puma; por mostrarme los valores que la han hecho la universidad más importante de Iberoamérica; por dejarme ser parte del mundo de Homero, de Heródoto, de Einstein, de Newton, de Shakespeare, de Victor Hugo, de Dante, de Cicerón, de Galileo, de Unamuno, de Goethe, de Nietzsche, de Freud y de tantos otros.*

*Al Ing. David Bernardo Estopier Bermúdez; por su invaluable ayuda, apoyo y por aceptar asesorarme en esta tesis.*

*A los profesores de la FES Aragón; por compartir algo mucho más importante que sus conocimientos.*

## ÍNDICE

<b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>4</b>
<b>ALCANCE .....</b>	<b>4</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>1. CAPITULO I. FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES DIGITALES.....</b>	<b>9</b>
1.1. FORMATOS DE INFORMACIÓN.....	9
1.1.1. <i>Transmisión digital</i> .....	9
1.1.2. <i>Espectro de una señal</i> .....	10
1.1.3. <i>Ancho de banda</i> .....	13
1.1.4. <i>Ruido</i> .....	13
1.2. PULSE CODE MODULATION (PCM) .....	14
1.2.1. <i>Muestreo</i> .....	14
1.2.2. <i>Cuantización</i> .....	15
1.2.3. <i>Codificación</i> .....	16
1.3. CÓDIGOS DE LÍNEA .....	20
1.3.1. <i>NRZ</i> .....	20
1.3.2. <i>RZ</i> .....	21
1.3.3. <i>AMI</i> .....	21
1.3.4. <i>HDB3</i> .....	22
1.4. MÉTODOS DE DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES .....	22
1.4.1. <i>Método polinómico</i> .....	23
1.4.2. <i>Método de Hamming (FEC)</i> .....	24
1.5. MODULACIÓN DIGITAL.....	25
1.5.1. <i>Phase Shift Keying (PSK)</i> .....	27
1.5.2. <i>Quadrature Amplitude Modulation (QAM)</i> .....	38
1.5.3. <i>BER, <math>E_b/N_0</math> y C/N</i> .....	41
1.6. MULTIPLEXAJE .....	46
1.6.1. <i>Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM)</i> .....	46
1.6.2. <i>Multiplexaje por División de Tiempo (TDM)</i> .....	47
1.7. SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY [SDH].....	49
1.7.1. <i>Características de los sistemas PDH</i> .....	49
1.7.2. <i>Jerarquía de multiplexación</i> .....	49
1.7.3. <i>Limitantes de los sistemas PDH</i> .....	50
1.7.4. <i>Características de los sistemas SDH</i> .....	51
1.7.5. <i>Elementos básicos de un sistema SDH</i> .....	52
1.7.6. <i>STM-1</i> .....	52
1.7.7. <i>Entidades de encabezado</i> .....	53
1.7.8. <i>Estructura de multiplexaje</i> .....	53
1.7.9. <i>Red de transmisión SDH</i> .....	57
1.7.10. <i>Ventajas de los sistemas SDH</i> .....	60
<b>2. CAPITULO II. TEORÍA DE TRANSMISIÓN POR MICROONDAS.....</b>	<b>63</b>
2.1. CARACTERÍSTICAS DE TRANSMISIÓN DE LAS MICROONDAS.....	64
2.1.1. <i>Polarización electromagnética</i> .....	65
2.1.2. <i>Rayos y frentes de onda</i> .....	65

2.1.3. Radiación electromagnética.....	66
2.1.4. Atenuación y absorción.....	67
2.1.5. Refracción, reflexión y difracción.....	67
2.1.6. Propagación de las microondas en el espacio libre.....	71
2.1.7. Pérdidas por el espacio libre.....	72
2.1.8. Desvanecimientos.....	73
2.2. ANTENAS PARA MICROONDAS.....	74
2.2.1. Funcionamiento básico de una antena parabólica.....	74
2.2.2. Diagrama de radiación.....	77
2.2.3. Ganancia de potencia de una antena parabólica.....	78
2.2.4. Abertura del haz de la antena.....	78
2.2.5. Eficiencia de una antena parabólica.....	78
2.2.6. Alimentadores.....	78
2.3. ENLACE DE MICROONDAS TERRESTRES.....	82
2.3.1. Altura de las antenas.....	83
2.3.2. Relación portadora-ruido.....	84
<b>3. CAPITULO III. SITUACIÓN ACTUAL DE LA GERENCIA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES DE PEMEX.....</b>	<b>86</b>
3.1. MISIÓN DE PEMEX.....	86
3.2. GERENCIA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES [GIT].....	87
3.2.1 Transporte de señales.....	95
3.2.2. Radiocomunicación.....	96
3.2.3. Telefonía.....	98
3.2.4. Teleinformática.....	99
3.2.5. Unidad de Servicios Estratégicos de Apoyo al Cliente.....	101
<b>4. CAPITULO IV. APLICACIONES DE LA RED DE MICROONDAS TERRESTRES.....</b>	<b>105</b>
4.1. REDES DIGITALES PDH Y SDH.....	109
4.1.1. Topologías.....	119
4.1.2. Radios Digitales.....	126
4.1.3. Multiplexaje de alto y bajo orden.....	150
4.2. SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA GIT.....	154
4.3. INTERFACES.....	157
4.3.1. Características de la interfaz V.35.....	158
4.3.2. Características de la interfaz G.703.....	161
4.3.3. Características de la interfaz STM-N.....	162
<b>5. CAPITULO V. ORGANISMOS QUE RIGEN LAS TELECOMUNICACIONES EN EL MUNDO.....</b>	<b>168</b>
5.1. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT).....	168
5.2. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO).....	177
5.3. THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (IEEE).....	180
5.4. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI).....	182
5.5. EUROPEAN TELECOMMUNICATIONS STANDARDS INSTITUTE (ETSI).....	184
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>186</b>
<b>7. GLOSARIO.....</b>	<b>187</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>192</b>

## Objetivo general

Presentar una tesis que sirva como material de apoyo en el área de las comunicaciones digitales; que ejemplifique las aplicaciones de los conocimientos obtenidos durante la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica; que proporcione al estudiante de ingeniería un cuadro general, básico, de la transmisión vía microondas, por medio del análisis de la Red de Microondas Terrestres de PEMEX.

## Alcance

Las telecomunicaciones en PEMEX son muy extensas y abarcan muchos ámbitos, tanto nacionales como internacionales. Por ello es importante decir que la presente tesis solo se enfoca en las redes digitales SDH y PDH en el ámbito nacional y sus características. Asimismo, quedan fuera del alcance de esta tesis la demostración de conceptos matemáticos y teoremas, ya que no es el fin de la misma. Únicamente se exponen las ecuaciones que son de utilidad práctica en las comunicaciones digitales.

## Justificación

Petróleos Mexicanos es la mayor empresa del país, y también la más importante, por eso mismo tiene una infraestructura en materia de telecomunicaciones muy significativa e interesante; PEMEX suministra, a través de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones (GIT), a sus organismos subsidiarios todos los servicios que éstos requieren para su adecuado funcionamiento y operación ya sea servicio telefónico, Internet, videoconferencia, radiocomunicación, monitoreo de oleoductos, comunicación entre estaciones de servicio, etc.

Estas son algunas de las razones que me motivaron a desarrollar este tema de tesis, ya que encuentro sumamente interesante e ilustrativo poder explicar cómo se comunica PEMEX, cómo funciona ésta red, qué aplicaciones tiene y puede llegar a tener y, sobretodo, analizar una infraestructura de comunicaciones real y poder aplicar algunos de los conocimientos adquiridos durante la carrera.

## Introducción

El desarrollo de las telecomunicaciones puede advertirse en la disminución de los costos de los servicios; el aumento en disponibilidad, confiabilidad, seguridad y conectividad de los mismos; la posibilidad de la digitalización de las señales analógicas mediante los codificadores analógico/digitales; la posibilidad de multiplexar imagen, sonido y video en un único formato digital, almacenar la información y la eventualidad de comunicarse a través de una red digital con protocolos de comunicaciones eficaces y una infraestructura que facilita el acceso, la conmutación y la transmisión a altas velocidades. Estos son acontecimientos muy importantes que han hecho que el mundo de las telecomunicaciones evolucione de una manera nunca antes vista.

Esto ha sido posible gracias al avance en muy importantes y diversos campos del conocimiento como la ingeniería espacial y la aeronáutica, pasando por la ciencia de materiales y la física, hasta la electrónica y la computación. Muchos de estos avances se lograron a partir de proyectos militares, sin embargo muchos otros tuvieron su origen en aplicaciones civiles. Se puede observar una evolución paulatina que tiene su comienzo en los sistemas más rudimentarios, los cuales hoy nos parecen obsoletos. Al paso de los años se incorporaron los adelantos científicos y tecnológicos que permitieron la generación de nuevos sistemas y

servicios. Las telecomunicaciones se han convertido en un satisfactor de necesidades de un importante número de personas y de empresas alrededor del mundo.

Las necesidades de los usuarios modernos pueden clasificarse en dos: estar comunicado todo el tiempo y estar comunicado en cualquier lugar. Para estos usuarios, la comunicación inalámbrica es la forma en que todo el tiempo y en todo lugar se comunican con su familia, su trabajo, etc. Según de preveé, en el futuro se tendrá únicamente dos clases de medios de comunicación: fibra óptica y medios inalámbricos. Todos las computadoras fijas, teléfonos, faxes utilizarán fibra y los usuarios móviles, medios inalámbricos.

La tarea de todo sistema de comunicaciones es transmitir la información de un punto (emisor) a otro punto (receptor) de forma que se pueda recuperar exactamente la información original o mensaje (con el menor costo posible). En los sistemas de comunicaciones se transmite información usualmente bajo la forma de imágenes, sonidos o datos (caracteres alfanuméricos y de control), que son de naturaleza diversa y que se deben interpretar adecuadamente en el punto receptor.

En general, las señales son ondas electromagnéticas que pueden estar situadas en todo el amplio espectro electromagnético; sabemos que el campo eléctrico suele ir asociado al voltaje y el campo magnético suele ir asociado a la corriente eléctrica. Estas señales se transmiten por los medios de transmisión; por ejemplo: una llamada telefónica supone la interconexión del usuario a la central por medio de un par de hilos, las centrales de conmutación (nodos) se interconectan entre sí mediante radioenlaces, sistemas de cable coaxial, sistemas vía satélite, o medios ópticos; y de la central terminal hasta el abonado se realiza por un par de hilos.

La información, obtenida de una forma analógica, se puede representar, después de un proceso de codificación y modulación digitales, por medio de señales electromagnéticas. Esta señal electromagnética se radia por medio de una antena parabólica. En el receptor ocurre el proceso inverso, se capta la energía del medio a través de la antena; se demodula y se decodifica la señal para obtener la información.

Los datos analógicos, como voz y video, se digitalizan, comúnmente con PCM. Esta técnica proporciona sincronismo al sistema; la sincronización es una de las características más importantes en la transmisión, ya que el receptor debe saber la velocidad a la que se están recibiendo los datos para determinar dónde empieza y dónde termina un bit. Los módems son los que convierten (modulan) la señal codificada PCM en señales analógicas ASK, FSK, PSK, QAM, etc., para que puedan ser transmitidas.

Un medio de transmisión muy importante, que hasta la llegada de la fibra óptica era el medio mas utilizado por las compañías telefónicas, son las microondas; este tipo de transmisión inalámbrica se basa en la radiación de las señales electromagnéticas a alta frecuencia, a través de un canal radioeléctrico, por medio de una antena hacia otra antena perfectamente alineada en un punto receptor: a este enlace se le llama radioenlace de microondas o simplemente enlace.

Los canales radioeléctricos se determinan por la asignación de frecuencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) a los diferentes servicios ya sean redes de telefonía celular (telefonía móvil), radio tanto de AM (Modulación de amplitud) como de FM (modulación de frecuencia), televisión, sistemas de radioenlaces de microondas, sistemas vía satélite o redes inalámbricas de área local.

Una red de microondas consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen los diversos servicios de telecomunicaciones a los usuarios. La red de microondas terrestres de PEMEX permite una comunicación en entre lugares de trabajo distantes y un tanto aisladas; en el caso de PEMEX, estas zonas de trabajo se encuentran en pozos petroleros, refinerías, plataformas marinas, etc., y que por encontrarse en lugares apartados (generalmente zonas

rurales) los radioenlaces de microondas son una magnifica opción de comunicación. Un radioenlace terrestre provee conectividad entre dos sitios en línea de vista usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telégrafo/Telex/Facsímile
- Video

Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por lo tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales.

La principal razón por la cual se han desarrollado las redes de telecomunicaciones es que el costo de establecer un enlace dedicado entre cualesquiera dos usuarios de una red sería elevadísimo, sobre todo considerando que no todo el tiempo todos los usuarios se comunican entre sí. Es mucho mejor que cada usuario tenga acceso a la red a través de su equipo terminal. Una vez dentro de la red, los mensajes utilizan enlaces que son compartidos con otras comunicaciones de otros usuarios.

En general, una red de telecomunicaciones consiste en los siguientes componentes:

- a) Un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información.
- b) Un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos.

Una red moderna de telecomunicaciones normalmente utiliza enlaces de distintos tipos; es decir, con frecuencia existen redes que emplean enlaces de radio en algunos segmentos, enlaces vía satélite en otros, microondas en algunas rutas, y en muchos de sus enlaces, la red pública telefónica.

Un sistema de microondas consiste de tres componentes principales:

- Una unidad externa de RF (Radio Frecuencia) que incluye la antena con una corta y flexible guía de onda.
- Una unidad interna de FI (Frecuencia Intermedia).
- Una unidad de BB (Banda Base).
- Repetidores.

Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, esto permite conectar dos localidades separadas hasta una distancia de 80 Km aproximadamente.

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar un poco difíciles ya que las autoridades (COFETEL) deben de asegurarse que los enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes. El clima y el terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. Las consideraciones del terreno incluyen la ausencia de montañas o grandes cuerpos de agua las cuales pueden ocasionar reflexiones.

La estructura de esta tesis es la siguiente:

- El primero, designado "**Fundamentos de comunicaciones digitales**", esta dedicado a desarrollar algunos conceptos de comunicaciones con el fin de tener una perspectiva muy clara de técnicas y tecnologías utilizadas en las telecomunicaciones.
- El segundo, denominado "**Teoría de transmisión por microondas**", explica de manera practica cómo se realiza una transmisión por microondas terrestres así como las ventajas y desventajas de esta técnica de comunicación.
- El tercer capítulo nombrado "**Situación actual de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones de PEMEX**", procura definir lo qué es y lo qué hace PEMEX, asimismo la forma en que se organiza la GIT para contribuir al desarrollo de las actividades propias de la explotación, producción y comercialización de los productos petroleros.
- En el cuarto capítulo llamado "**Aplicaciones de la Red de Microondas Terrestres**", expongo los detalles de la Red de Microondas tales como: la topología que tiene, los radios que utiliza, los multiplexores que emplea, las interfaces y todo lo relacionado a los tipos de servicios que facilita la GIT a PEMEX.
- El último capítulo se titula "**Organismos que rigen las telecomunicaciones en el mundo**", aquí presento las normas y estándares más importantes en las telecomunicaciones y las organizaciones mundiales encargadas de regular, promover, modificar, desarrollar y mejorar las mismas.

*If you should go skating  
On the thin ice of modern life  
Dragging behind you the silent reproach  
Of a million tear-stained eyes  
Don't be surprised when a crack in the ice  
Appears under your feet.  
You slip out of your depth and out of your mind  
With your fear flowing out behind you  
As you claw the thin ice.*

# 1. Capitulo I. Fundamentos de comunicaciones digitales.

## 1.1. Formatos de información.

### 1.1.1. Transmisión digital.

**Señales analógicas:** las señales analógicas o señales continuas en amplitud son las que varían en función del tiempo, adquiriendo valores dentro de un intervalo continuo. La información tiene origen analógico en el caso de la voz, imágenes o video.

**Señal digital binaria:** las señales digitales son discretas en el tiempo y en amplitud por ello son utilizadas en los sistemas modernos de telecomunicaciones ya que son eficientes y efectivas. Cuando en la amplitud de la señal sólo puede tomarse uno de dos valores se le llama señal digital binaria.

### **Transmisión Digital**

La transmisión digital es el transporte de señales digitales entre dos o más puntos en un sistema de telecomunicaciones. A continuación se presentan las ventajas y desventajas de este tipo de transmisión:

- La principal ventaja es la inmunidad al ruido. Los pulsos digitales son menos susceptibles a variaciones causadas por ruido, que las señales analógicas. En la transmisión digital no es necesario evaluar las características de amplitud, frecuencia y fase con tanta precisión como en la transmisión analógica. En lugar de ello, los pulsos recibidos se evalúan durante un intervalo preciso de muestreo, y se hace una determinación simple para ver si el pulso está arriba o debajo de un nivel de umbral. No es importante la amplitud, frecuencia o fase exactas de la señal recibida.
- Las señales digitales se prestan mejor para el procesamiento y multiplexado que las señales analógicas. El procesamiento digital de la señal es el procesamiento de las señales analógicas aplicando métodos digitales. Los pulsos digitales se pueden guardar con más facilidad que las señales analógicas. También, la rapidez de transmisión de un sistema digital se puede cambiar con facilidad para adaptarse a diferentes medios, y para interconectar distintas clases de equipo.
- Los sistemas digitales usan regeneración de señal. Por tanto las señales digitales se pueden transportar a distancias mayores que las señales analógicas.
- Es más fácil medir y evaluar las señales digitales. Esto se traduce en un mejor funcionamiento con errores. Se pueden detectar y corregir los errores de transmisión en señales digitales, con más facilidad y más exactitud que las que son posibles en los sistemas analógicos.

Las desventajas de la transmisión digital son:

- La transmisión de señales analógicas codificadas digitalmente requiere un ancho de banda mayor que la simple transmisión de la señal analógica original.
- Se necesitan circuitos adicionales de codificación y decodificación.
- La transmisión digital requiere una sincronización precisa, respecto al tiempo, entre los relojes del transmisor y del receptor. Por lo tanto, los sistemas digitales requieren costosos circuitos de recuperación de reloj en todos los receptores.
- Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las instalaciones anteriores de transmisión analógica.

### 1.1.2. Espectro de una señal

Se define espectro de una señal como el conjunto de frecuencias que la constituyen. Puede ser analizado matemáticamente por medio del análisis de Fourier. Joseph Fourier estableció que muchas señales pueden ser expresadas como la suma de ondas cosenoidales.

Este análisis se usa para representar las componentes senoidales y cosenoidales de una señal periódica compleja. En general, se puede obtener una serie de Fourier (resultado del análisis de Fourier) para cualquier función periódica, en forma de una serie de funciones trigonométricas. Esta serie dice que cualquier forma de onda periódica esta formada por una componente de CD y una serie de términos cosenoidales y senoidales relacionadas armónicamente como se muestra en la siguiente ecuación:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos n \omega t + B_n \text{sen } n \omega t]$$

Donde:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$A_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n \omega t dt$$

$$B_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \text{sen } n \omega t dt$$

La serie de Fourier esta compuesta por un valor promedio (componente de CD)  $A_0$  y una serie de términos cosenoidales y senoidales en las que cada término sucesivo tiene una frecuencia que es múltiplo entero de la frecuencia del primer termino de la serie. A esta relación se le conoce como armónicas: por lo tanto, una armónica es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La frecuencia fundamental es la primera armónica. El segundo múltiplo de la frecuencia fundamental se llama segunda armónica, el tercer múltiplo es la tercera armónica y así sucesivamente.

Ejemplo: para una señal cuadrada se obtiene su serie de Fourier.

$$v(t) = V_0 + \frac{4V}{\pi} \left[ \text{sen } \omega t + \frac{1}{3} \text{sen } 3\omega t + \frac{1}{5} \text{sen } 5\omega t + \frac{1}{7} \text{sen } 7\omega t + \dots \right] \text{ [Volts]}$$

$v(t)$  = voltaje en función del tiempo

$V$  = amplitud máxima de la señal

$V_0$  = componente de CD

$\omega$  =  $2\pi f$  [radianes por segundo]

$T$  = periodo de la señal [segundos]

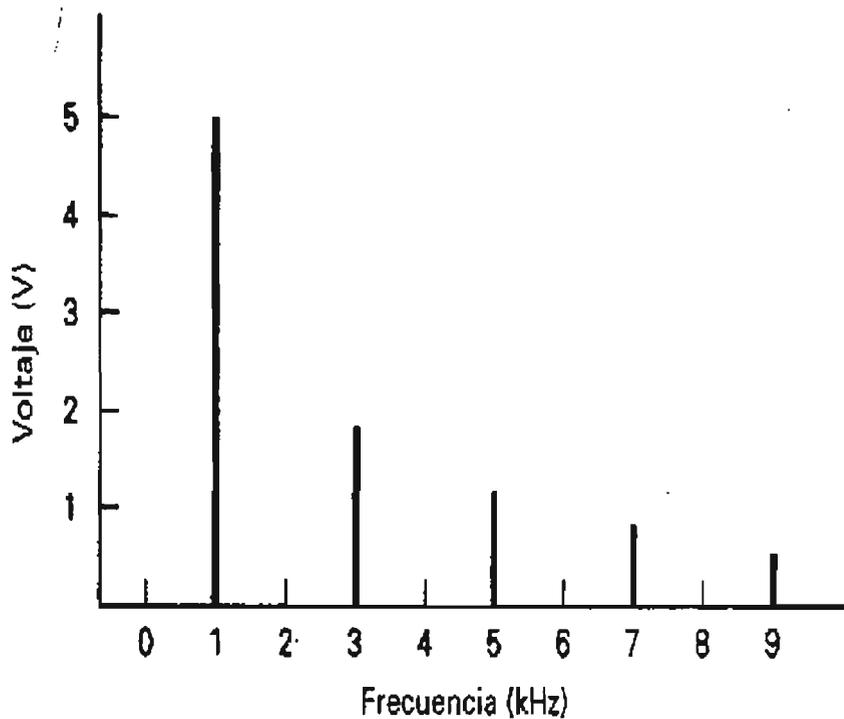
$f$  =  $\frac{1}{T}$  frecuencia fundamental [Hertz]

Evaluando para las primeras cinco armónicas, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 1.1.

**TABLA 1.1**

ARMÓNICA	FRECUENCIA [Hz]	VOLTAJE MÁXIMO [Vp]
1	1000	5.09
3	3000	1.69
5	5000	1.02
7	7000	0.73
9	9000	0.57

El espectro de frecuencias se muestra en la figura 1.1.



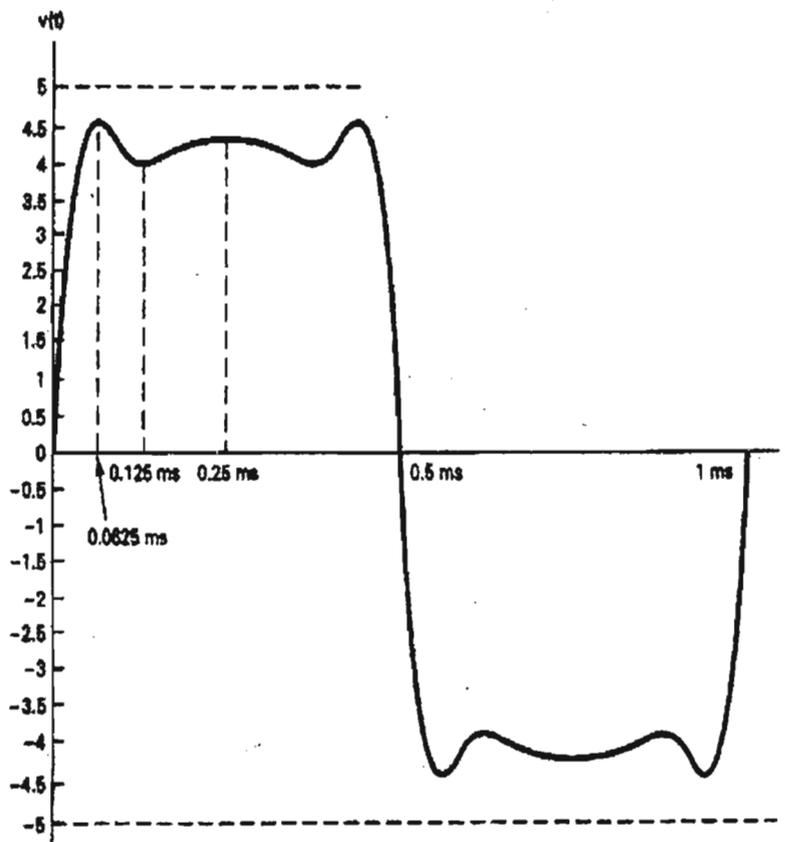
**Figura 1.1. Espectro en frecuencia de una señal cuadrada**

Se evalúa la serie de Fourier para algunos valores de tiempo, los resultados se muestran en la tabla 1.2.

**TABLA 1.2.**

t [μ seg.]	v(t) [V]
0	0
62.5	4.51
125	3.96
250	4.26
375	3.96
437.5	4.51
500.0	0
562.5	-4.51
625	-3.96
750	-4.26
875	-3.96
937.5	-4.51
1000	0

La serie de Fourier nos ayuda a analizar una señal en el dominio de la frecuencia. En la figura 1. 2 se muestra esta idea. Entre más armónicas tenga la serie de Fourier más se acercara a la forma original de la señal.



**Figura 1.2.** Una señal cuadrada como la suma de ondas cosenoidales

### 1.1.3. Ancho de banda

El ancho de banda (B o BW) es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima contenidas en la información, y el ancho de banda de un canal de comunicaciones, o un medio de transmisión, es la diferencia entre las frecuencias máxima y mínima que pueden pasar por el canal. El ancho de banda del canal de comunicaciones debe ser igual o mayor que el ancho de banda de la información. En general, un canal de comunicaciones no puede propagar una señal que contenga una frecuencia que cambie con mayor rapidez que la amplitud de banda del canal.

Se denomina ancho de banda efectivo a la anchura del espectro en donde la mayor parte de la energía de la señal se concentra. Es importante señalar que, por cuestiones prácticas, el sistema de transmisión solo podrá transferir una banda limitada de frecuencias.

Existen varios criterios para la definición del ancho de banda que ocupa un canal. Las siguientes son algunas definiciones:

- **Ruido (BW1):** el ancho de banda equivalente de ruido se trata de un espectro rectangular de ruido con igual valor de potencia que el espectro digital completo.
- **3 dB (BW2):** el ancho de banda a mitad de potencia donde se tiene una atenuación de 3 dB respecto del valor máximo en el centro del espectro.
- **-50 dB (BW3):** el ancho de banda con densidad de potencia delimitada consiste en declarar un umbral entre 35 y 50 dB respecto del máximo en la portadora por debajo del cual se encuentra la densidad de potencia.
- **Nyquist (BW4):** el ancho de banda de Nyquist corresponde a la frecuencia de corte del filtrado ideal  $W = VT/2$ .
- **Nulo (BW5):** el ancho de banda al primer punto de anulación del espectro corresponde al primer lóbulo coincidente con  $1/T$  (T es el tiempo de duración del pulso).
- **99% (BW6):** el ancho de banda que contiene la mayoría de la potencia es, por ejemplo, el 99% de la potencia total. La FCC de USA adopta este criterio.

### 1.1.4. Ruido

Es una señal no deseada debido a las distorsiones introducidas por el sistema de comunicación, es inherente a las comunicaciones y no se puede eliminar. Existen varios tipos de ruido, entre los que se encuentran:

- **Ruido térmico:** se debe a la agitación térmica de los electrones. Está presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión y depende de la temperatura. Cuando esta uniformemente distribuido en el espectro se le denomina ruido blanco. El ruido térmico no se puede eliminar. Se calcula con base en la siguiente expresión:

$$N = kTB$$

**N = ruido**  
**k = constante de Boltzmann**  
**T = temperatura**  
**B = ancho de banda**

- **Ruido de intermodulación:** es la aparición de señales a frecuencias que sean suma o diferencia de las dos frecuencias originales o múltiplos de estas. Se produce cuando no hay linealidad en el sistema de transmisión.

## 1.2. Pulse Code Modulation (PCM)

La modulación por códigos de pulso (PCM), también conocida como MIC, fue desarrollada en 1937 por AT&T en sus laboratorios de París. Se acredita a Alex H. Reeves haberla inventado. En realidad PCM no es una modulación sino una forma de codificación de la información.

### 1.2.1. Muestreo

La función del muestreo es tomar una muestra periódica de la señal analógica de entrada, que varía en forma continua, y convertir esas muestras en una serie de pulsos que se puedan convertir con más facilidad a un código PCM binario. El método más común para muestrear señales de voz en sistema PCM es el llamado muestreo de parte plana, que se logra con un circuito de muestreo y retención, como el que se ilustra en la figura 1.3. El objeto de ese circuito es muestrear en forma periódica la señal de entrada y convertir esas muestras en una serie de niveles de PAM de amplitud constante.

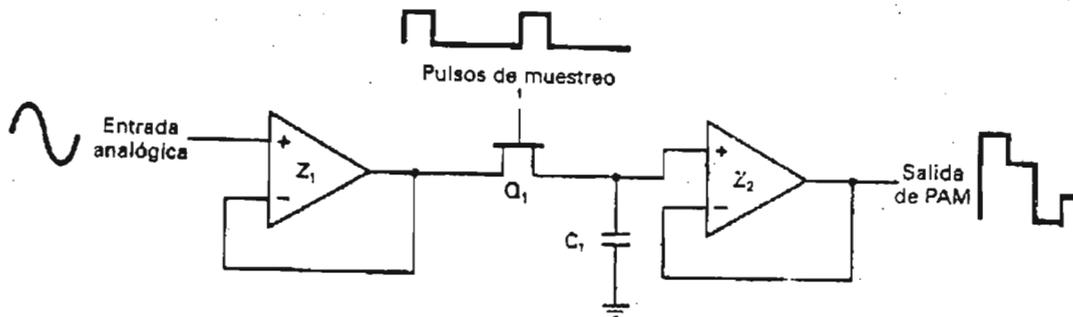


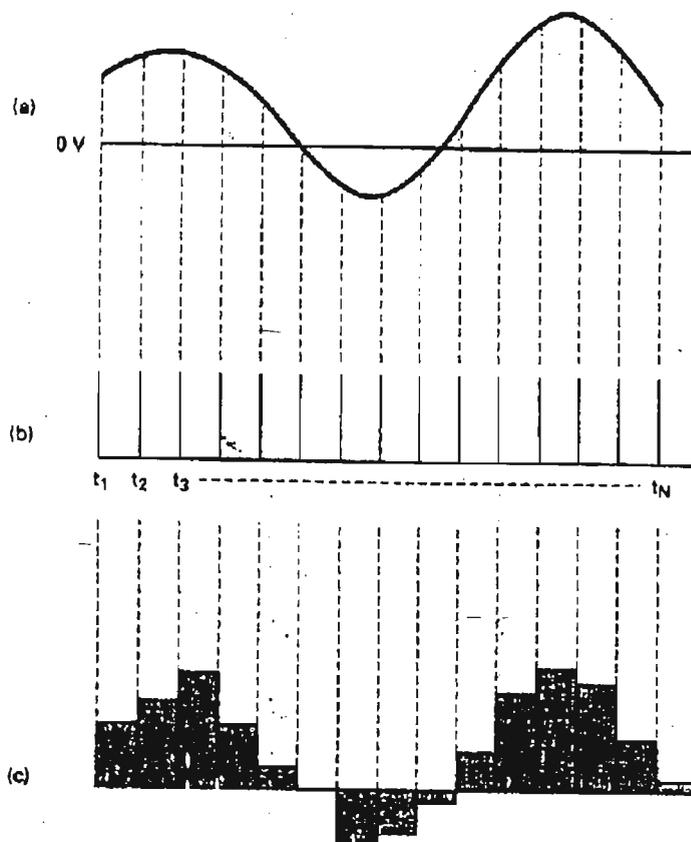
Figura 1.3. Circuito de muestreo y retención

### Frecuencia de muestreo o Teorema de Nyquist

El teorema de muestreo de Nyquist establece la frecuencia mínima de muestreo ( $f_s$ ) que se debe utilizar en PCM. El criterio de muestreo de Nyquist determina que para una señal de banda limitada, la frecuencia de muestreo debe ser por lo menos dos veces mayor que la frecuencia máxima de la señal. Es decir,

$$F_s \geq (2) (F_{MAX})$$

La figura 1.4 ilustra una señal senoidal muestreada y retenida, dando como resultado una señal PAM.



PAM: (a) señal de entrada; (b) impulsos de muestreo; (c) señal PAM

**Figura 1.4. Señal muestreada**

### 1.2.2. Cuantización

Dado que las amplitudes de las muestras pueden variar ampliamente de acuerdo con la señal original, la señal muestreada no es apropiada para ser transmitida a largas distancias por que es muy difícil regenerar los pulsos con suficiente precisión. La variación de la amplitud puede cambiar en forma continua sobre todos los valores. Un refinamiento adicional es cuantificar la señal analógica muestreada en cierto número de niveles discretos.

Este refinamiento consiste en retener la amplitud de la señal durante la duración del pulso de muestreo y después redondear los valores de las muestras a un valor de amplitud. En el proceso de cuantización, el rango de amplitud de los pulsos es dividido en un número de valores de amplitud. El voltaje entre estos dos valores contiguos se llama intervalo de cuantización, todas las muestras que estén dentro de un intervalo de cuantización específico se le otorgan el mismo nivel de amplitud de salida. Este proceso de cuantificación introduce algunas fluctuaciones con respecto al valor real; este error se denomina como ruido de cuantización. El aumento de los niveles de cuantificación tendera a reducir ese ruido. La cuantificación puede ser lineal (es decir, con niveles igualmente espaciados) o no lineal (es decir, con niveles no espaciados de manera uniforme).

### 1.2.3. Codificación

El siguiente paso es asignar un dígito a cada nivel de manera que exista correspondencia uno a uno entre los niveles de cuantización y el conjunto de los enteros reales. Esto se llama digitalización de la señal. Este proceso reduce la señal a un conjunto de dígitos en los sucesivos tiempos de muestra, originando un sistema de codificación completamente digital. El código más común para este propósito es el binario. Los sistemas que hacen uso de la transmisión de señales digitalizadas (es decir, cuantificadas y codificadas) se llaman sistemas de modulación de pulsos codificados (PCM).

Los sistemas PCM se han hecho muy importantes debido a ciertas ventajas inherentes sobre otros tipos de modulación. Algunas de estas ventajas son las siguientes:

- En comunicación a larga distancia, las señales PCM pueden regenerarse por completo en estaciones repetidoras intermedias porque toda la información está contenida en el código. En cada repetidora se transmite una señal esencialmente libre de todo ruido. Los efectos del ruido no se acumulan y sólo hay que preocuparse por el ruido de la transmisión entre repetidoras adyacentes.
- Puede usarse un código eficiente para reducir la repetición innecesaria (la redundancia) en los mensajes.
- Una codificación adecuada puede reducir los efectos del ruido y la interferencia. El diseñador de sistemas de comunicación tiene, pues, mayor flexibilidad en el diseño de un sistema PCM para satisfacer determinados criterios de funcionamiento.

### Compresión-expansión digital

Esta etapa implica comprimir en el lado de transmisión, después de haber convertido la muestra a un código PCM, y expandir en el lado del receptor. En la figura 1.5 se muestra un diagrama a bloques de un sistema PCM comprimido y expandido digitalmente.

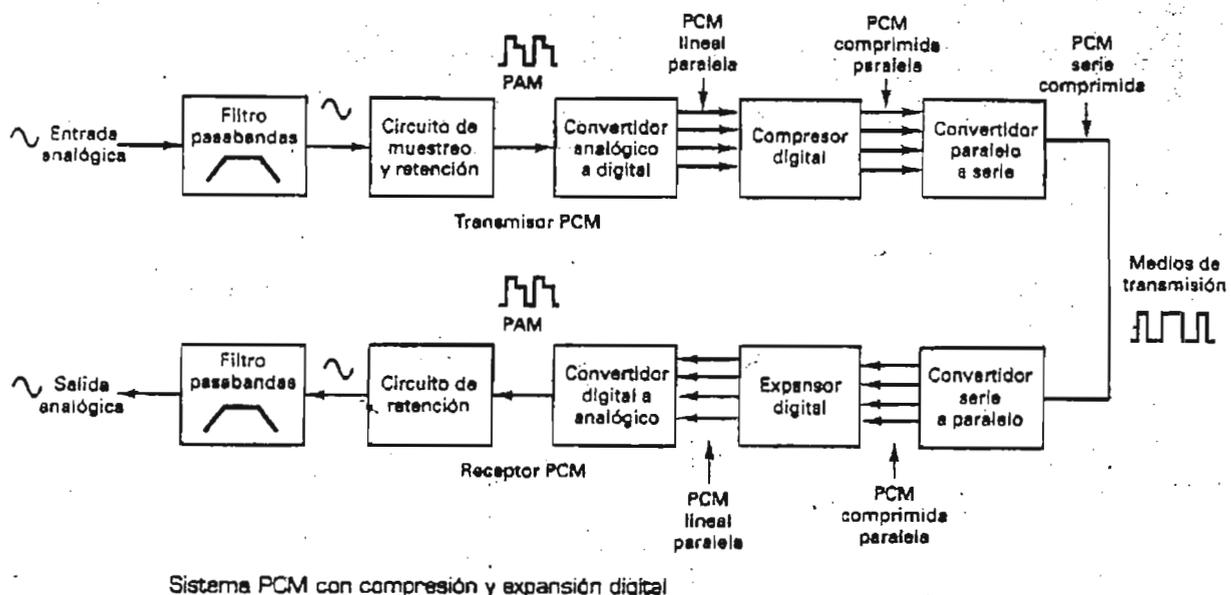


Figura 1.5. Sistema PCM con compresión digital

Los sistemas más recientes de PCM de compresión digital usan un código lineal de 12 bit y un código comprimido de 8 bits. Este proceso de compresión se parece mucho a una curva de compresión analógica con  $\mu = 255$ , aproximándose a la curva con un conjunto de ocho segmentos rectilíneos (los segmentos de 0 a 7). La pendiente de cada segmento sucesivo es exactamente la mitad del anterior.

El proceso de compresión-expansión digital para un código comprimido de 12 bits a 8 bits se explica como sigue: el código comprimido de 8 bits consiste en un bit de signo, un identificador de segmento de 3 bits y un código de magnitud de 4 bits que identifica el intervalo de cuantización dentro del segmento especificado. En la tabla de compresión-expansión se muestra la codificación  $\mu 255$ . Como puede observarse, se truncan las posiciones de bit designadas con X durante la compresión y, en consecuencia se pierden. Los bits designados con A, B, C, D y s (bit de signo) se transmiten tal como son. Hay que notar que para los segmentos 0 y 1, se duplican exactamente los 12 bits en la salida del decodificador, mientras que para el segmento 7 sólo se recuperan los seis bits más significativos.

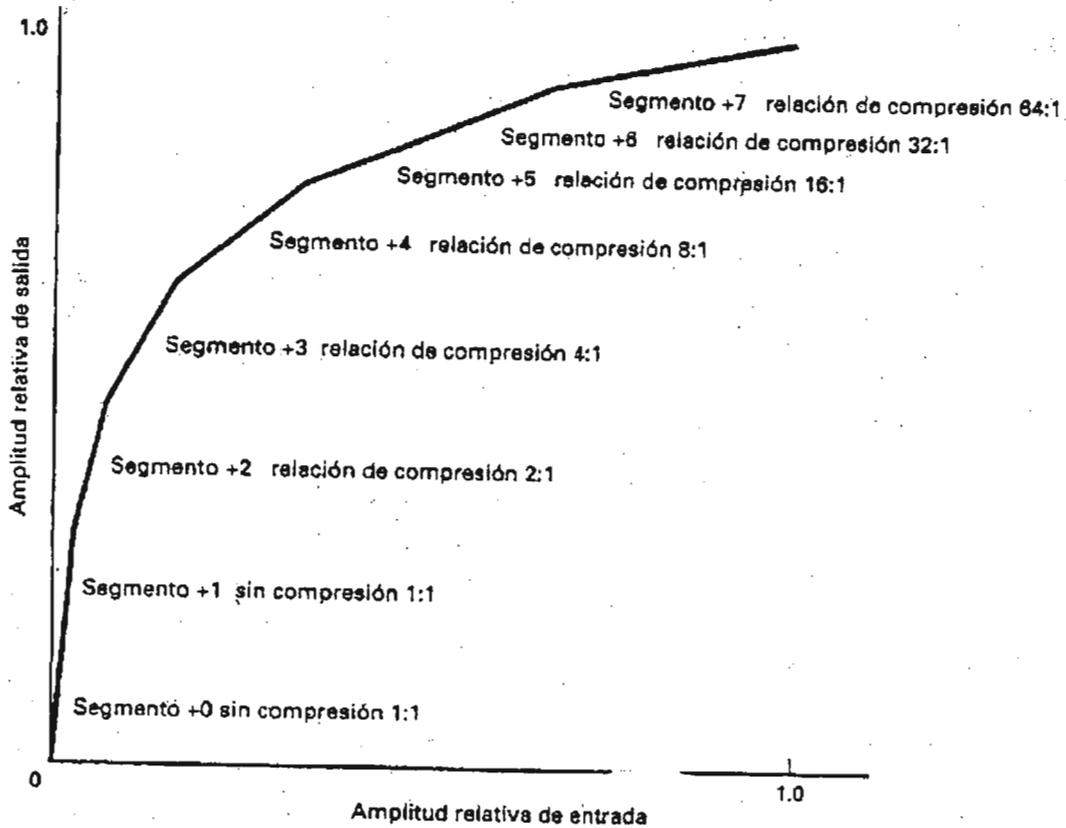
Como hay 11 bits de magnitud, entonces hay 2048 códigos posibles. En los segmentos '0' y '1' hay 16 códigos. En el segmento 2 hay 32 códigos; el segmento 3 tiene 64 códigos. Cada segmento sucesivo que comienza con el segmento 3 tiene el doble de códigos que el anterior. En cada uno de los ocho segmentos sólo se pueden recuperar 16 códigos de 12 bits; esto es, en los segmentos 0 y 1 no hay compresión (de los 16 códigos posibles, los 16 se pueden recuperar); en el segmento 2 hay una relación de compresión de 2 a 1, es decir, 32 códigos posibles de transmisión y 16 códigos posibles de recuperar; en el segmento 3 hay una relación de compresión de 4 a 1 (64 códigos posibles de transmisión y 16 códigos posibles de recuperar). La relación de compresión se duplica en cada segmento sucesivo. En el segmento 7, la relación de compresión es 1024 a 16, o sea 64 a 1. La figura 1.6 ilustra las características de la compresión digital.

El algoritmo de compresión es el siguiente:

- El primer bit representa el signo y permanece igual tanto en 12 bits como en 8 bits.
- A continuación se cuenta el número de "ceros" antes de que se presente el primer "uno" (el número máximo de ceros a considerar es siete). Se resta este número de ceros de siete y el resultado se convierte a código binario de tres dígitos, a este número se le llama número de segmento.
- Luego se tiene un "uno", mismo que no se toma en cuenta ya que se sabe que es un "uno", y después se consideran los siguientes cuatro bits. Los bits restantes se truncan.

El procedimiento para realizar la expansión es el siguiente:

- El primer bit es el de signo.
- Los tres bits siguientes (que es el número de segmento) se convierte a decimal y se resta de siete y el resultado es el número de ceros a insertar.
- Se añade un "uno".
- Se anotan los siguientes cuatro bits.
- Los bits truncados se redondean considerando la secuencia central con el menor número de "unos", es decir; 1, 10, 100, 1000, 10000, 100000.



Características de la compresión  $\mu 255$  (sólo valores positivos)

Figura 1.6. Curva de compresión digital

En la tabla 1.3 se consignan los valores binarios con 12 bits, los valores comprimidos a 8 bits que se transmiten y los valores reconstruidos a 12 bits por el receptor. Si el bit de signo "S" al principio de cada secuencia de 12 bits es 1, la señal analógica es positiva y si es 0, la señal analógica es negativa. Con esto se tienen 4096 niveles de cuantificación, como corresponde a 12 bits. En todos los casos, los bits "ABCD" son los significativos y siempre se transmiten; los ceros a la izquierda de ABCD son repuestos por el receptor y los bits "X" se pierden sin remedio; de manera que los bits que aparecen a la derecha de "ABCD" en la secuencia reconstruida, son en realidad supuestos por el receptor. Como se puede ver, las señales analógicas pequeñas (hasta el nivel 31) son efectivamente codificadas con 12 bits, lo que minimiza el error de cuantización. En los niveles altos (del 32 en adelante) los bits "X", que pueden ser ceros o unos, no son transmitidos y cuando el receptor tiene que "inventarlos", comete un error.

**TABLA1.3. COMPRESIÓN Y EXPANSIÓN.**

Nivel de cuantización	Binario original con 12 bits	Comprimido a 8 bits	Binario con 12 bits reconstruido
0 a 15	S0000000ABCD	S000ABCD	S0000000ABCD
16 a 31	S0000001ABCD	S001ABCD	S0000001ABCD
32 a 63	S000001ABCDX	S010ABCD	S000001ABCD1
64 a 127	S00001ABCDXX	S011ABCD	S00001ABCD10
128 a 255	S0001ABCDXXX	S100ABCD	S0001ABCD100
256 a 511	S001ABCDXXXX	S101ABCD	S001ABCD1000
512 a 1023	S01ABCDXXXXX	S110ABCD	S01ABCD10000
1024 a 2047	S1ABCDXXXXXX	S111ABCD	S1ABCD100000

### Velocidad de línea PCM

La velocidad de línea, también conocida como *velocidad de transmisión (VT)*, *frecuencia de bits (fb)* o como *ancho de banda digital*, es la frecuencia con que los bits PCM serie salen sincronizados del transmisor. La velocidad de transmisión depende de la frecuencia de muestreo y de la cantidad de bits en la trama PCM comprimida. Es decir,

$$VT = f_b = \left[ \frac{\text{muestras}}{\text{segundo}} \right] \left[ \frac{\text{bits}}{\text{muestra}} \right] \quad [\text{bps}]$$

### 1.3. Códigos de línea

A la manera de representar electrónicamente cualquier secuencia binaria se le denomina formato de señalización y código de línea es un formato de señalización que adquiere las características necesarias para su transmisión a través de un medio. Para su evaluación y comparación, se consideran deseables las siguientes características en los códigos de línea:

- **Espectro de la señal:** la ausencia de componentes de alta frecuencia, significa que se necesita menos ancho de banda para su transmisión. La ausencia de componente de DC es casi indispensable ya que si la señal tiene esta componente se requeriría la existencia de una conexión física directa entre emisor y receptor.
- **Sincronización:** es indispensable tener una excelente sincronización para determinar el principio y el fin de cada bit. La señal de reloj (también llamada de sincronización) se trata de transmitir, en general, mediante la propia señal transmitida, lo que se consigue adoptándose un esquema de codificación adecuado.
- **Detección de errores:** es útil disponer de alguna capacidad para detectar, corregir y/o evitar la propagación de los errores incorporada en la codificación.
- **Inmunidad al ruido e interferencias:** algunos códigos exhiben un mejor comportamiento que otros en presencia de ruido y algunos son también inmunes al cambio de fase.

#### 1.3.1. NRZ

El formato NRZ es la forma en que inicialmente se presenta la información después de ser digitalizada. Se usa como referencia para comparar otros formatos de señalización. Sus características son:

- No sirve para transmitir. No es inmune a la inversión de fase
- No propaga errores, no corrige errores ni detecta errores
- B es igual a la velocidad de transmisión
- Tiene componente de CD
- Tiene mala sincronización

Para transmitir adecuadamente se requiere convertir la señal NRZ a un formato distinto. A estos modos de representación se les conoce como códigos de línea y están diseñados para mejorar las características del formato NRZ y concretamente obtener los resultados siguientes:

- Eliminación de la componente de CD
- Garantizar la sincronía del receptor haciendo que el código lleve suficiente información de tiempo
- Dar a la señal digital un espectro en frecuencia adecuado para que pueda viajar sin dificultad a través del medio de transmisión disponible.
- Darle a la señal inmunidad al cambio de fase
- No permitir la propagación de errores

### 1.3.2. RZ

La regla para estructurar este código es:

- Los "unos" tienen un voltaje positivo durante medio periodo y voltaje cero en el otro medio periodo
- Los "ceros" tienen voltaje negativo durante medio periodo y voltaje cero en el otro medio periodo

Características:

- La componente de CD casi desaparece
- No hay propagación de errores
- No detecta errores
- No es inmune a la inversión de fase
- La sincronía se puede llevar a cabo con gran facilidad

### 1.3.3. AMI

También llamado RZ bipolar, significa inversión alternada de marcas. Este código de línea tiene las siguientes reglas para estructurarlo:

- Los "ceros" valen cero volts durante todo el periodo.
- Los unos se representan con voltaje positivo durante medio periodo y voltaje cero el otro medio periodo. El siguiente uno se representa con voltaje negativo durante medio periodo y voltaje cero el otro medio periodo y así sucesivamente van alternando el voltaje no importando si hay ceros intermedios.

Características:

- No tiene componente de CD
- No detecta ni corrige errores
- Sincronización mala
- Inmune a la inversión de fase

### 1.3.4. HDB3

Es un código adaptado al código AMI para poder superar los problemas de sincronización y significa **"HIGH DENSITY BIPOLAR 3"**, es decir, este código permite un máximo de tres ceros consecutivos para que no se pierda la señal de reloj. Al código AMI se le añaden "unos" llamados bits de relleno y bits de violación, según la tabla 1.4.

**TABLA 1.4. ASIGNACIÓN DE POLARIDAD**

POLARIDAD DEL ULTIMO "UNO"	CÓDIGO	
	IMPAR	PAR
+	000+	-00-
-	000-	+00+

### 1.4. Métodos de detección y corrección de errores

Los circuitos por donde se establece la comunicación están sometidos a una multitud de ruidos y distorsiones que hacen que la señal que el transmisor envía por un extremo del circuito no sea exactamente igual a la señal recibida por el receptor. Estas diferencias son soportadas muchas veces por el receptor sin fallas en la interpretación del mensaje, pero otras veces ese error debe ser detectado y corregido.

En comunicaciones prácticamente todas las señales digitales producidas en la actualidad llevan asociados el proceso de detección o corrección de errores. El primer paso es reconocer la existencia de los mismos; es decir, debemos disponer de métodos que permitan la evaluación del número de errores. Posteriormente el número de errores se expresa como una Tasa de Error de Bit (BER: Bit Error Rate). Luego de reconocida la existencia de errores puede ser posible la identificación del mismo y la corrección. Para ello se han generado métodos correctores de errores. Se disponen de diferentes tipos de códigos y de formas para corregir errores: la retransmisión de un paquete de datos y la corrección de errores hacia adelante FEC (Forward Error Correction) que envía suficiente cantidad de bits de redundancia como para detectar el bit errado.

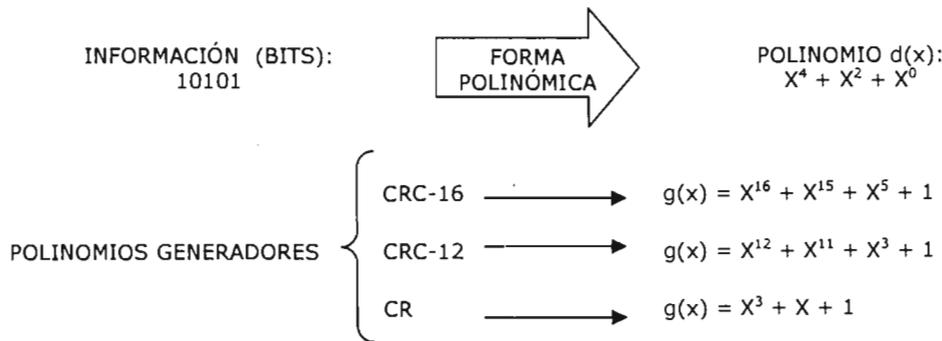
#### **Verificación de paridad.**

Este método, también llamado geométrico, se basa en añadir un bit (llamado de paridad) a cada uno de los caracteres transmitidos. Este bit debe tener el valor de 0 o 1 de forma tal que haga que el número total de unos, contando el bit de paridad, sea número impar (paridad impar) o un número par (paridad par). Este método detecta errores pero no los ubica y por tanto no corrige errores. Generalmente, se utiliza paridad par para la transmisión síncrona y paridad impar para la asíncrona.

#### 1.4.1. Método polinómico

Este método agrega al final de cada trama una secuencia de bits llamada secuencia de verificación de trama, la cual capacita al receptor para saber si se ha producido un error. Esta secuencia esta relacionada matemáticamente con la información de la trama, por lo que el receptor solo tiene que recalcular el valor y compararlo con la secuencia recibida. Si la comparación no es exacta, el receptor notificara al transmisor que se ha producido un error y este le retransmitirá la trama. A este método también se le conoce como código de redundancia cíclica (CRC). En otras palabras, dado un bloque o mensaje de k-bits, el transmisor genera una secuencia de n-bits, denominada secuencia de comprobación de la trama (FCS, frame check sequence), de tal manera que la trama resultante, con n+k bits, sea divisible por algún numero predeterminado. El receptor entonces dividirá la trama recibida por ese número y, si no hay residuo en la división, se supone que no ha habido errores.

La redundancia se calcula dividiendo el valor binario de la trama entre un valor constante dependiendo del protocolo que se utilice. El cociente de esa división se elimina y el residuo se añade a la trama transmitiéndose a continuación de los datos. Cualquier información binaria puede ser representada en forma polinómica para lo cual se expresa en forma de suma el valor de cada bit multiplicado por la variable "X", cuyo exponente es el valor de la posición que ocupa cada bit.



Las tramas ya codificadas deben tener un total de k+n bits donde k es el numero de bits a proteger y n el numero de bits redundantes (extras a la protección). Determinando la siguiente notación:

$N = \#$  de bits transmitidos [ $\#$  de bits de información + exponente de mayor grado de  $g(x)$ ]

$k = \#$  de bits de información

$d(x) =$  polinomio que representa a la información a codificar

$M(x) =$  polinomio de la trama ya protegida

$M(x) = [X^{N-k}] [d(x) + R(x)]$

$R(x) =$  residuo de la división en XOR de:

$$\frac{[(X^{N-k}) [d(x)]]}{g(x)}$$

Ejemplo: proteger la siguiente secuencia de bits 10101.

$$x^{N-k} \equiv x^{8-5} \equiv x^3 \Rightarrow x^{N-k} d(x) \equiv x^3 (x^4 + x^2 + 1) \equiv x^7 + x^5 + x^3 + \text{bits de proteccion}$$

Se realiza la división  $\frac{x^7 + x^5 + x^3}{x^3 + x + 1}$ , que da por resultado  $x^2 + 1$ , entonces la ecuación M(x) queda de la siguiente manera:  $x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$ . Por lo tanto, la trama quedaría de la siguiente forma 10101101, donde los primeros cinco bits son la trama original y los restantes bits son de protección.

#### 1.4.2. Método de Hamming (FEC)

Los Forward Error Correction (FEC) son códigos para corrección de errores. Se disponen de dos tipos de FEC a bloques y convolucional. El FEC a bloques es del tipo Hamming, BCH y Reed Solomon. El FEC convolucional da lugar al algoritmo de Viterbi; son aplicados en los servicios satelitales IDR-IBS, telefonía celular, CD-ROM, etc.

Este método se basa en la protección por paridad pero en este caso se ordenan de tal forma que si ocurre un error este puede ser ubicado. Una vez conociendo el número de bits de Hamming necesarios, se conoce la longitud que tendrá la secuencia binaria ya conocida. El método de Hamming consiste en representar en forma binaria de tres dígitos cada una de las posiciones de los bits, intercalando los bits de Hamming en las posiciones en donde la representación binaria contiene solo un "uno" y los bits de información se intercalan en todas las demás posiciones.

La cantidad de bits de Hamming que se deben agregar a una secuencia de bits se calcula con la siguiente ecuación.

$$2^n \geq m + n + 1 \Rightarrow n = \text{bits de Hamming}; m = \text{bits de información}$$

Ejemplo: proteger la secuencia 101100010010 utilizando el método de Hamming.

Para proteger 12 bits son necesarios 5 bits extras, como se comprueba al sustituir estos valores en la ecuación 5. Así, la secuencia de bits será de 17 bits (12 bits de información y 5 bits de protección). A continuación se insertan en forma arbitraria los cinco bits de Hamming en la secuencia de bits de información:

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
H	1	0	1	H	1	0	0	H	H	0	1	0	H	0	1	0

Para determinar el valor lógico de los bits de Hamming, se expresan todos los unos de la secuencia en un código binario de cinco bits y se suman entre si en X-OR.

La posición 2 (00010) se suma con la posición 6 (00110); el resultado es 00100, éste se suma con el código de la posición 12 (01100); el resultado se suma con el código de la posición 14 (01110); por ultimo, el resultado (00110) se suma con el código de la posición 16 (10000). El resultado total (10110) se conoce como *código de Hamming* para esta secuencia en particular. Los bits de Hamming corresponden al código de Hamming, es decir

$$b_{17} = 1 ; b_{13} = 0 ; b_9 = 1 ; b_8 = 1 ; b_4 = 0$$

La secuencia de 17 bits queda de la siguiente forma:

H            H            H H            H  
1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0

Supongamos que se presenta un error en el bit 14 de la secuencia original de información, entonces la secuencia recibida es: 11000100110100010. En el receptor, para determinar la posición del bit erróneo, se extraen los bits de Hamming y se suman los unos en X-OR como se hizo al momento de determinar el código de Hamming. El resultado es: 01110 (14); este resultado indica que se recibió el bit 14 con error. Para corregirlo sólo se complementa ese bit.

### 1.5. Modulación Digital

La modulación digital es el proceso mediante el cual una señal de información se transforma en una forma de onda senoidal. La señal de información deseada modula una senoide llamada onda portadora o simplemente portadora; para la transmisión de radio frecuencia (RF), la portadora es convertida en un campo electromagnético para su propagación al destino deseado por medio de una antena. ¿Por qué es necesario usar onda portadora en la transmisión RF de señales de banda base? La respuesta es que en la transmisión de ondas electromagnéticas es necesario utilizar antenas. Para acoplar eficientemente la onda electromagnética al espacio, las dimensiones de la apertura de la antena deben ser al menos tan grandes como la longitud de onda de la señal transmitida.

Ejemplo: considere una señal banda base de 3000Hz y una señal portadora de 30GHz. Analice los requerimientos en la longitud de la antena. Considere la longitud de onda,  $\lambda$ , igual a  $c/f$ , en donde  $c$  es la velocidad de la luz y  $f$  es la frecuencia.

Solución:

Para banda base:

$$l \geq \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^3 \text{ Hz}} = 100 \text{ km}$$

Para señal ya modulada:

$$l \geq \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{3 \times 10^9 \text{ Hz}} = 10 \text{ cm}$$

El tamaño de la antena es menor al modular la señal con portadora de alta frecuencia. La modulación puede proporcionar otros beneficios importantes en transmisión de señales: si dos o más señales utilizan el mismo canal, la modulación puede ser utilizada para separar las diferentes señales; se usa para minimizar las interferencias de otras señales; también puede ser utilizada para poner a la señal en una banda de frecuencia en donde los requerimientos de diseño, tales como filtrado y amplificación, pueden cumplirse fácilmente. Este es el caso cuando una señal de RF se convierte a una frecuencia intermedia (IF).

La señal PCM puede usarse para modular una portadora de alta frecuencia usando técnicas FSK, PSK, etc. Es también posible tener un sistema PCM multicanal en el que cada secuencia de pulsos modula una subportadora que es, a su vez, multiplexada en frecuencia y luego usada para modular una portadora.

Varios canales que usen PCM se pueden multiplexar en tiempo y la secuencia de bits resultante enviarse por medio de una antena. Si se usa una propagación electromagnética, la secuencia de bits se emplea para modular una portadora de alta frecuencia. Una forma de modulación es la ASK, en la cual la amplitud conmuta entre dos o más valores según lo indique el código PCM. Otra forma es desplazar la frecuencia de la portadora, lo cual se llama FSK. Una tercera posibilidad, llamada PSK, consiste en desplazar la fase de la portadora; otra forma radica en desplazar la fase y la amplitud de la portadora denominada QAM.

La transmisión analógica se basa en una señal de frecuencia constante denominada portadora. La frecuencia de la portadora se elige de forma tal que sea compatible con las características del medio que se vaya a utilizar. Todas las técnicas de modulación implican la modificación de uno o más de los tres parámetros fundamentales de una portadora: amplitud, frecuencia y fase como se muestra en la figura 1.7.

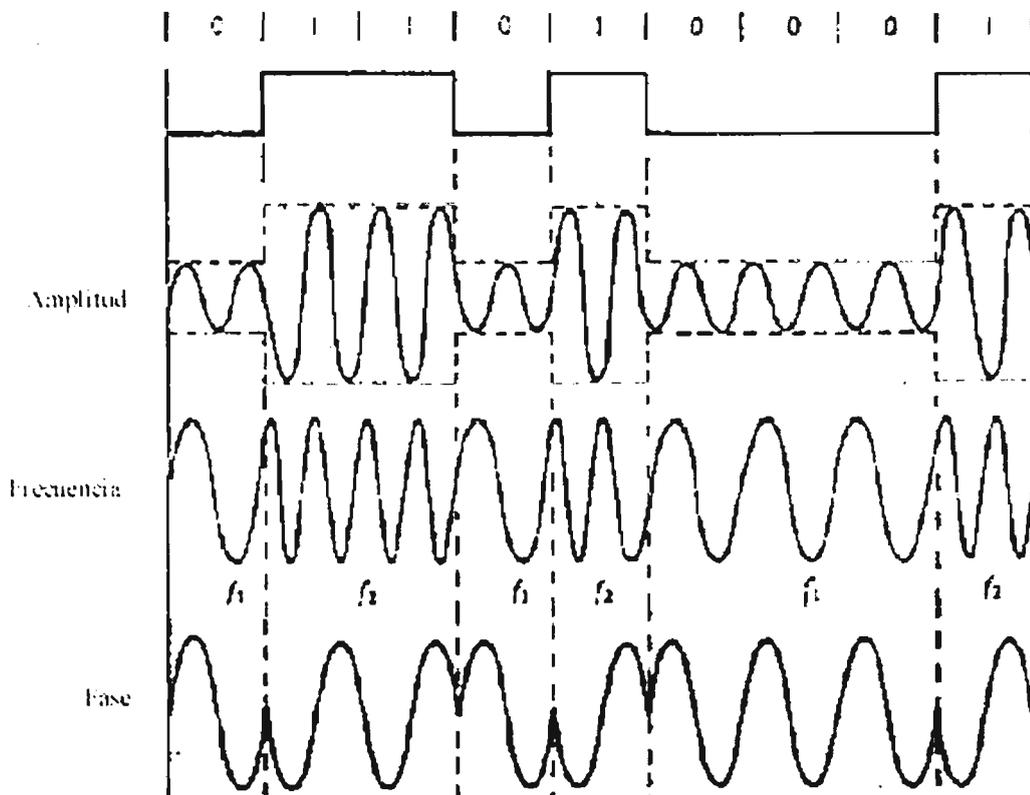


Figura 1.7. Parámetros modificables en una señal

Las modulaciones digitales de mayor uso son:

- ✓ FSK. Frequency Shift Keying.
- ✓ PSK. Phase Shift Keying.
- ✓ QAM. Quadrature Amplitude Modulation.

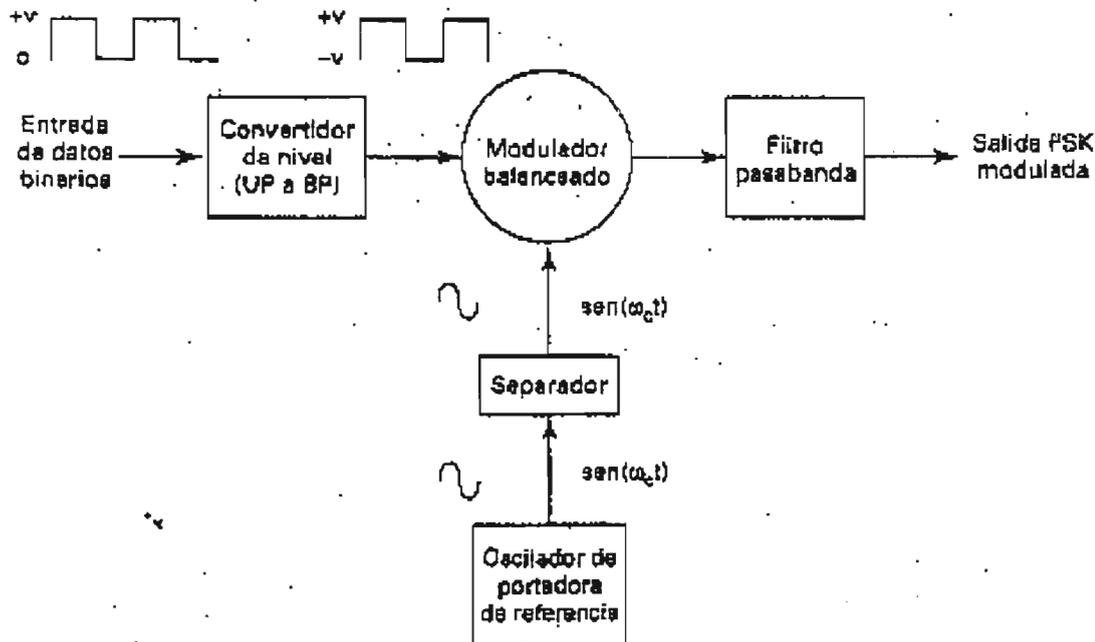
#### 1.5.1. Phase Shift Keying (PSK)

La modulación PSK consiste en modificar la fase de la portadora manteniendo la amplitud y la frecuencia constantes. Se parece a la modulación de fase convencional, excepto que en la modulación PSK la señal de entrada es una señal digital binaria.

#### **Binary Phase Shift Keying (BPSK)**

En BPSK son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia portadora. Una fase de salida representa un 1 lógico, y la otra un 0 lógico. Cuando la señal de entrada digital cambia de estado, la fase de la portadora varía entre dos ángulos que están defasados  $180^\circ$ .

La figura 1.8 muestra un diagrama a bloques de un transmisor BPSK. Dependiendo de la señal de entrada, la portadora se transfiere a la salida, en fase o defasada  $180^\circ$  con respecto al oscilador de la portadora.



**Figura 1.8. Transmisor BPSK**

La figura 1.9 presenta una tabla de verdad, el diagrama fasorial y la constelación (en este diagrama se muestran las posiciones relativas de los máximos de los fasores) para un modulador BPSK.

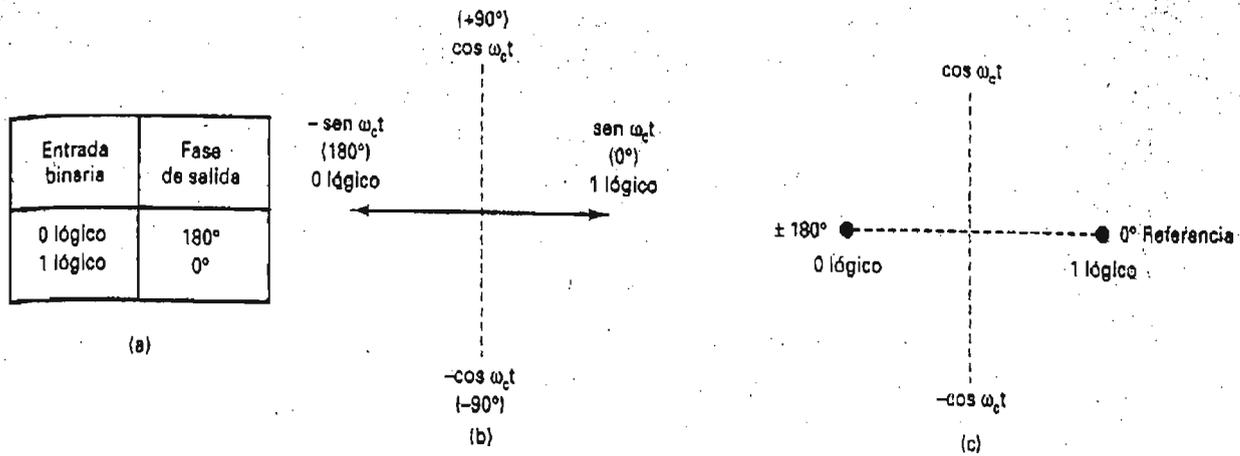
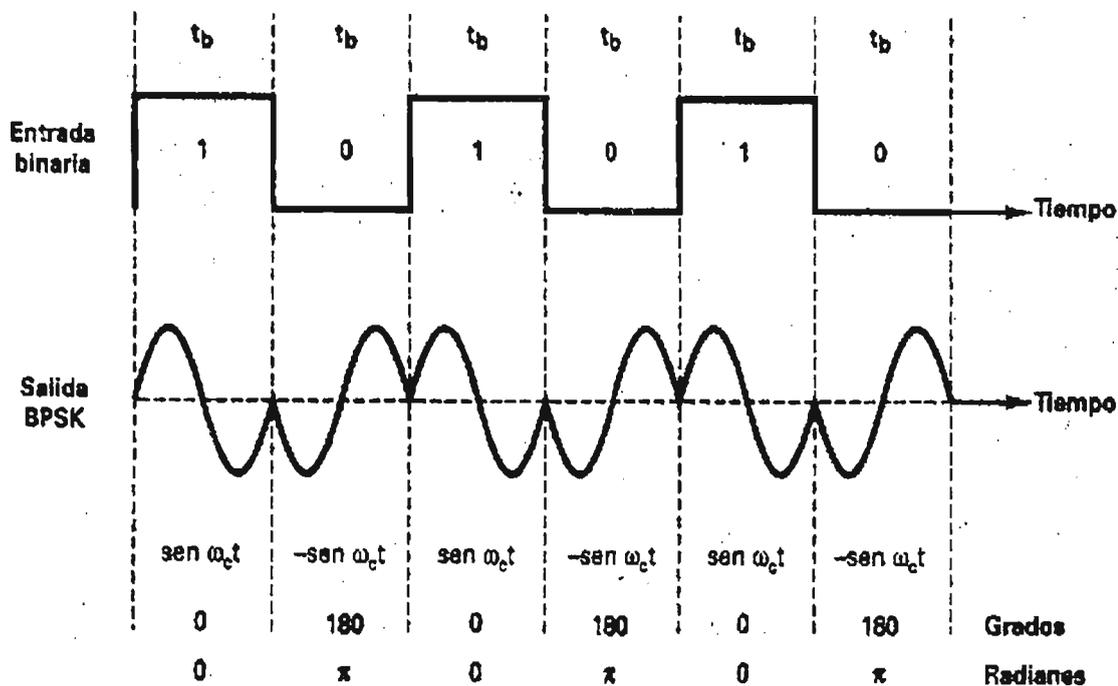


Figura 1.9. Constelación BPSK

La figura 1.10 ilustra la relación de salida en función del tiempo para una forma de onda BPSK. El espectro de salida de un modulador BPSK es una señal de doble banda lateral y portadora suprimida. Por tanto, el ancho de banda mínimo necesario para una señal BPSK es igual a la VT.



1.10. Forma de onda de una señal BPSK

La figura 1.11 muestra un diagrama a bloques de un receptor BPSK. El circuito de recuperación de portadora detecta y regenera una señal de portadora que es idéntica tanto en fase como en frecuencia a la portadora original de transmisión. El modulador es un detector de producto; la salida es el producto de las dos entradas (la señal BPSK y la portadora recuperada). El filtro pasabalas separa los datos binarios recuperados de la señal remodulada.

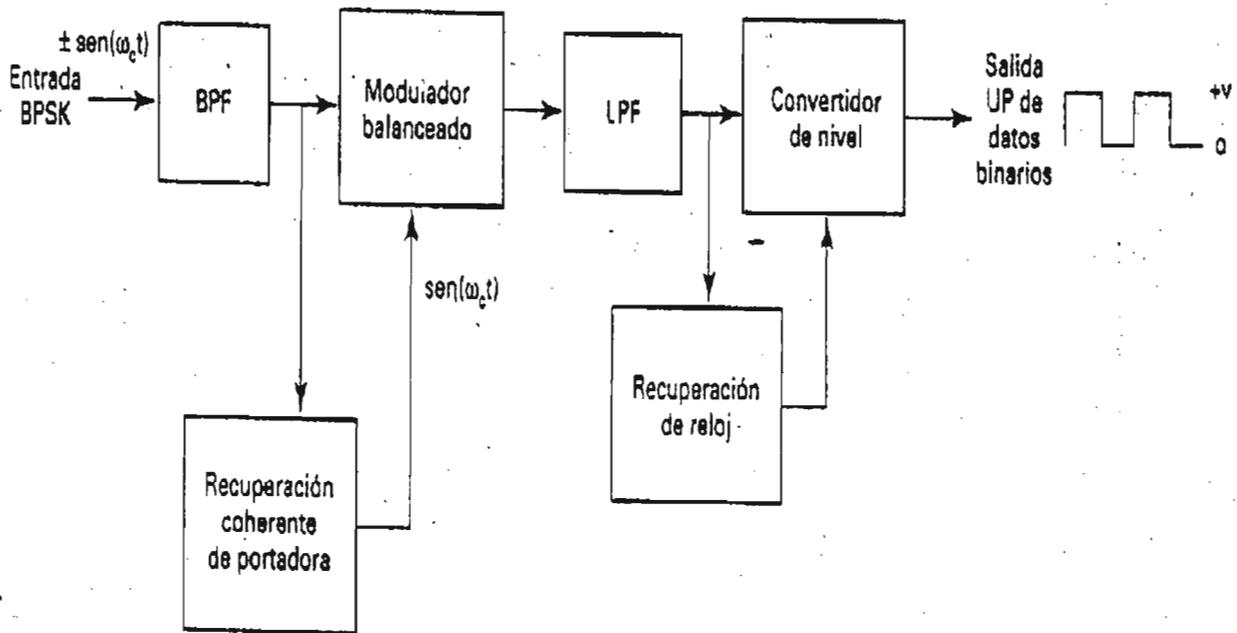


Figura 1.11. Receptor BPSK

### Modulación multinivel (M-aria)

M-ario es un término derivado de la palabra binario. M es un dígito que representa la cantidad de condiciones o combinaciones posibles para determinada cantidad de variables binarias. FSK y BPSK sólo codifican bits individuales y únicamente hay dos condiciones posibles de salida. FSK produce una frecuencia con un 1 lógico o un espacio (sin frecuencia) cuando hay un 0 lógico, y BPSK produce una fase con un 1 lógico y otra fase con un 0 lógico. Estos tipos de modulación son M-arios en los que  $M = 2$ . Un sistema PSK con cuatro fases de salida posibles es un sistema M-ario en el que  $M = 4$ ; si hay 8 fases entonces  $M = 8$ , etc. La cantidad de condiciones de salida se calcula con la ecuación siguiente:

$$N = \log M$$

Donde  $N$  = cantidad de bits codificados; y  $M$  = cantidad de condiciones posibles de salida con  $N$  bits. Con FSK y BPSK,  $N = 1$ . La cantidad de condiciones posibles de salida para diversos valores de  $N$  se muestran en la siguiente tabla.

N	M
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32

El ancho de banda mínimo para portadoras M-arias moduladas digitalmente se determina con la siguiente ecuación:

$$B = \frac{f_b}{\log M} = \frac{VT}{\log M}$$

B = ancho de banda mínimo [hertz]

$f_b$  = rapidez de entrada de bits (conocido como velocidad de transmisión VT) [bps]

M = cantidad de estados de salida [adimensional]

En conclusión, para PSK o QAM M-ario, el ancho de banda mínimo es igual a la velocidad de transmisión dividida entre la cantidad de bits codificados o agrupados.

## Quaternary Phase Shift Keying (QPSK)

QPSK, o PSK en cuadratura, es otra forma de modulación digital de fase y amplitud constante. QPSK es una técnica M-aria en la que  $M = 4$ . Con esta modulación son posibles cuatro fases de salida para una sola frecuencia de portadora. Los datos binarios de entrada se combinan en grupos de dos bits, llamados dibits, para producir cuatro condiciones distintas de entrada: 00, 01, 10 y 11. Cada dibit genera una de las cuatro fases posibles. Como cada fase de la portadora representa dos bits, entonces el ancho de banda mínimo es igual a la mitad de la velocidad de transmisión. En la figura 1.12 se muestra un diagrama a bloques de un modulador QPSK. Dos bits (un dibits) se sincronizan en el divisor de bits. Después de que han entrado en serie, salen en paralelo y simultáneamente. Un bit se dirige al "canal" I y el otro al Q. El bit I modula una portadora en fase con el oscilador de referencia, y el bit Q modula una portadora que esta defasada  $90^\circ$ , o en cuadratura respecto a la portadora de referencia.

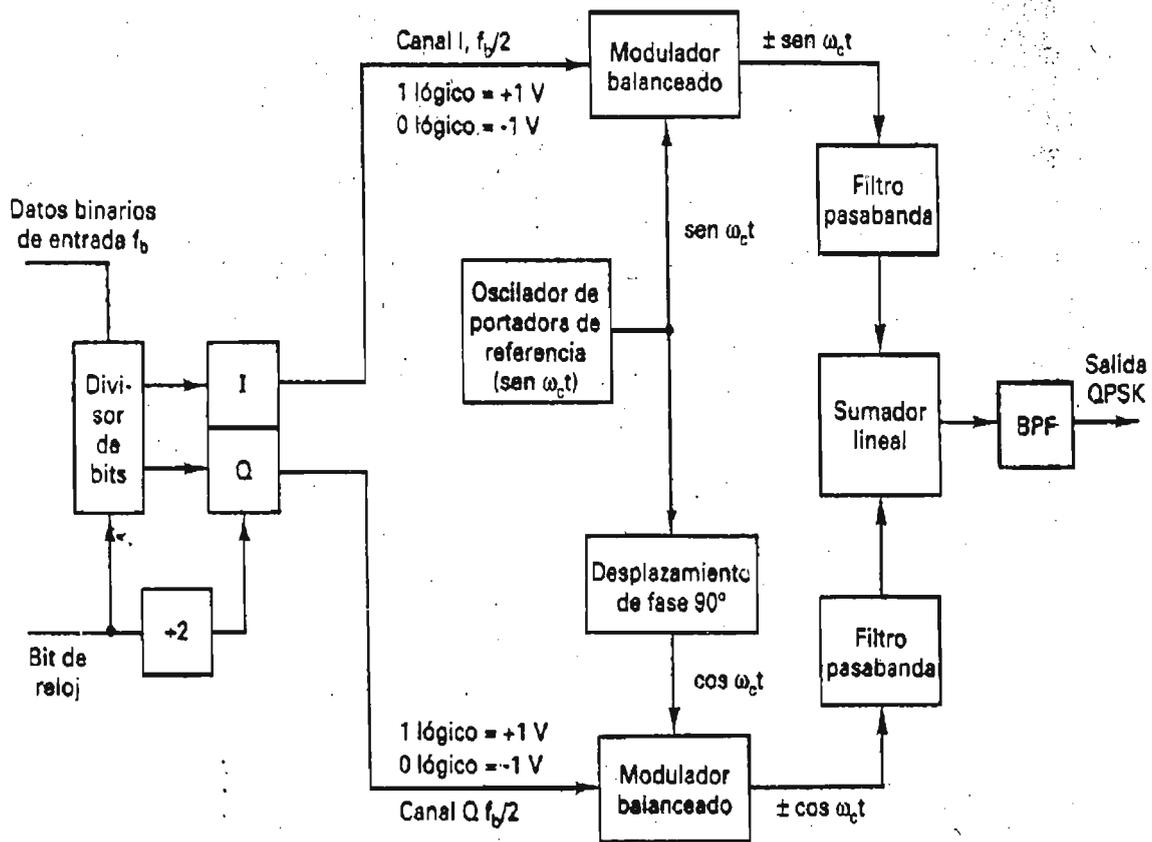
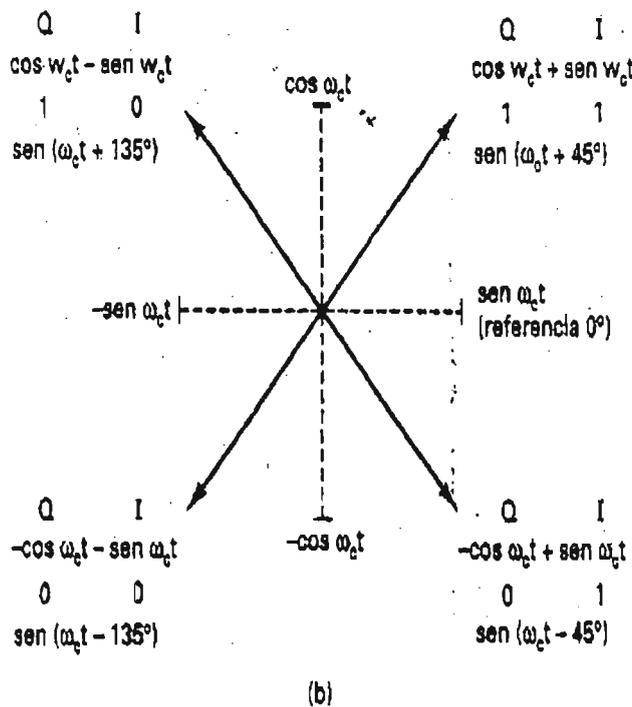


Figura 1.12. Modulador QPSK

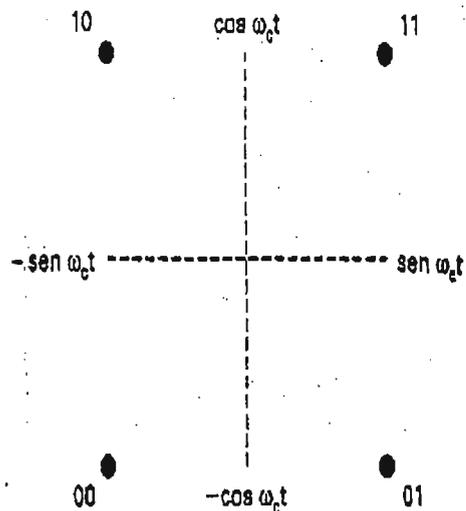
Hay que hacer notar que un modulador QPSK es, en esencia, dos moduladores BPSK en paralelo. Cuando el sumador lineal combina las dos señales en cuadratura, hay cuatro fases resultantes posibles. En la figura 1.13 se observa la tabla de verdad, el diagrama fasorial (en donde se observa que los cuatro fasores tienen exactamente la misma amplitud) y la constelación QPSK.

Entrada binaria		Fase de salida QPSK
Q	I	
0	0	-135°
0	1	-45°
1	0	+135°
1	1	+45°

(a)



(b)



(c)

Figura 1.13. Constelación QPSK

En la figura 1.14 aparece el diagrama a bloques de un receptor QPSK. El divisor de potencia dirige la señal QPSK a los detectores de producto I y Q, y al circuito de recuperación de portadora. Este último circuito reproduce la señal original del oscilador de portadora. La señal QPSK se demodula en los detectores de producto I y Q, que generan los bits originales. Las salidas de los detectores de productos se conectan al circuito combinador de bits, donde se convierten de paralelo a serie.

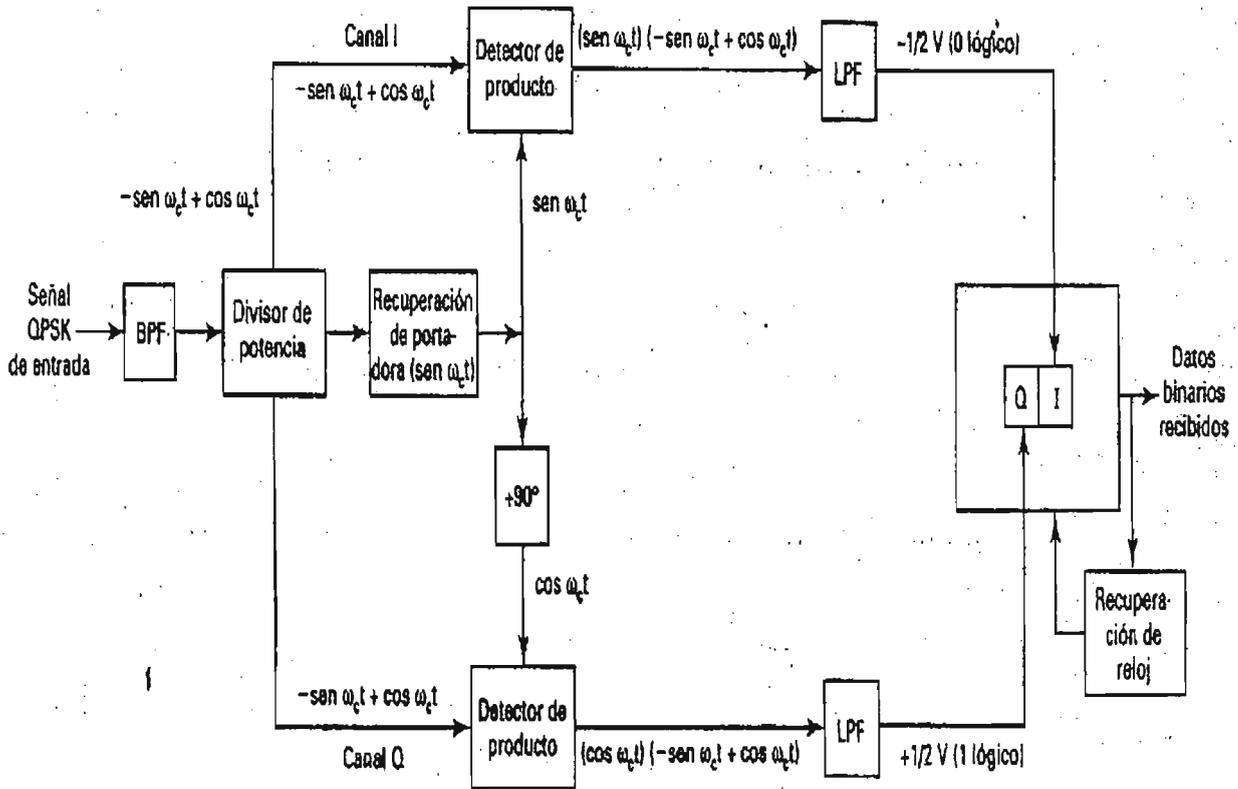


Figura 1. 14. Receptor QPSK

### PSK de ocho fases (8-PSK)

Este tipo de modulación presenta ocho fases posibles de salida. Esta técnica un M-aria en la que  $M = 8$ . Para codificar ocho fases distintas, se consideran a los bits en grupos de tres, llamados tribits. En la imagen se muestra un diagrama a bloques de un modulador 8-PSK. La serie de bits llega al divisor de bits donde se convierte en una salida paralela de tres canales: canal I (en fase), el canal Q (en cuadratura) y el canal C (de control o "comodín"). Los bits de los canales I y C entran al convertidor de 2 a 4 niveles del canal I, y los bits de los canales Q y /C (C "negada") entran al convertidor de 2 a 4 niveles del canal Q. El bit I o Q determina la polaridad de la señal de salida (1 lógico = +V, y 0 lógico = -V), mientras que el bit C o /C determina la magnitud (1 lógico = 1.307 V, y 0 lógico = 0.541 V). La figura 1.15 muestra un modulador 8-PSK.

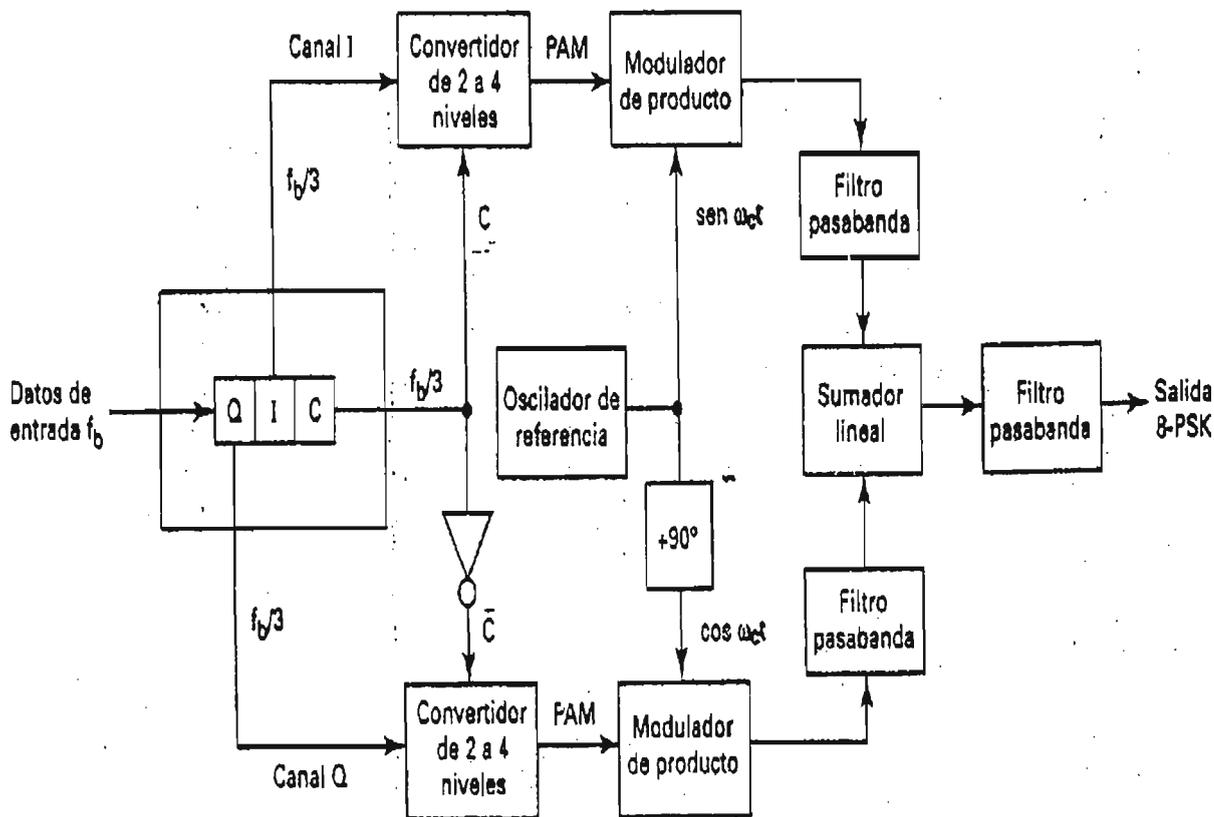


Figura 1.15. Modulador 8-PSK

En la figura 1.16 se observa que la separación angular entre dos fasores adyacentes cualesquiera es  $45^\circ$ , la mitad que en QPSK. Cada fador tiene igual magnitud; la condición de tribit está contenida sólo en la fase de la señal. Hay que hacer notar que el código de tribits entre dos fases adyacentes sólo cambia en un bit. A este tipo de código se le llama código Gray. Se usa para reducir la cantidad de errores de transmisión. Si una señal fuera a sufrir un desplazamiento de fase durante su transmisión, lo más probable es que se desplazara hacia un favor adyacente. Si se usa código Gray, sólo habría error de recepción en un solo bit. Como cada fase de la portadora representa tres bits entonces el ancho de banda mínimo es un tercio de la velocidad de transmisión.

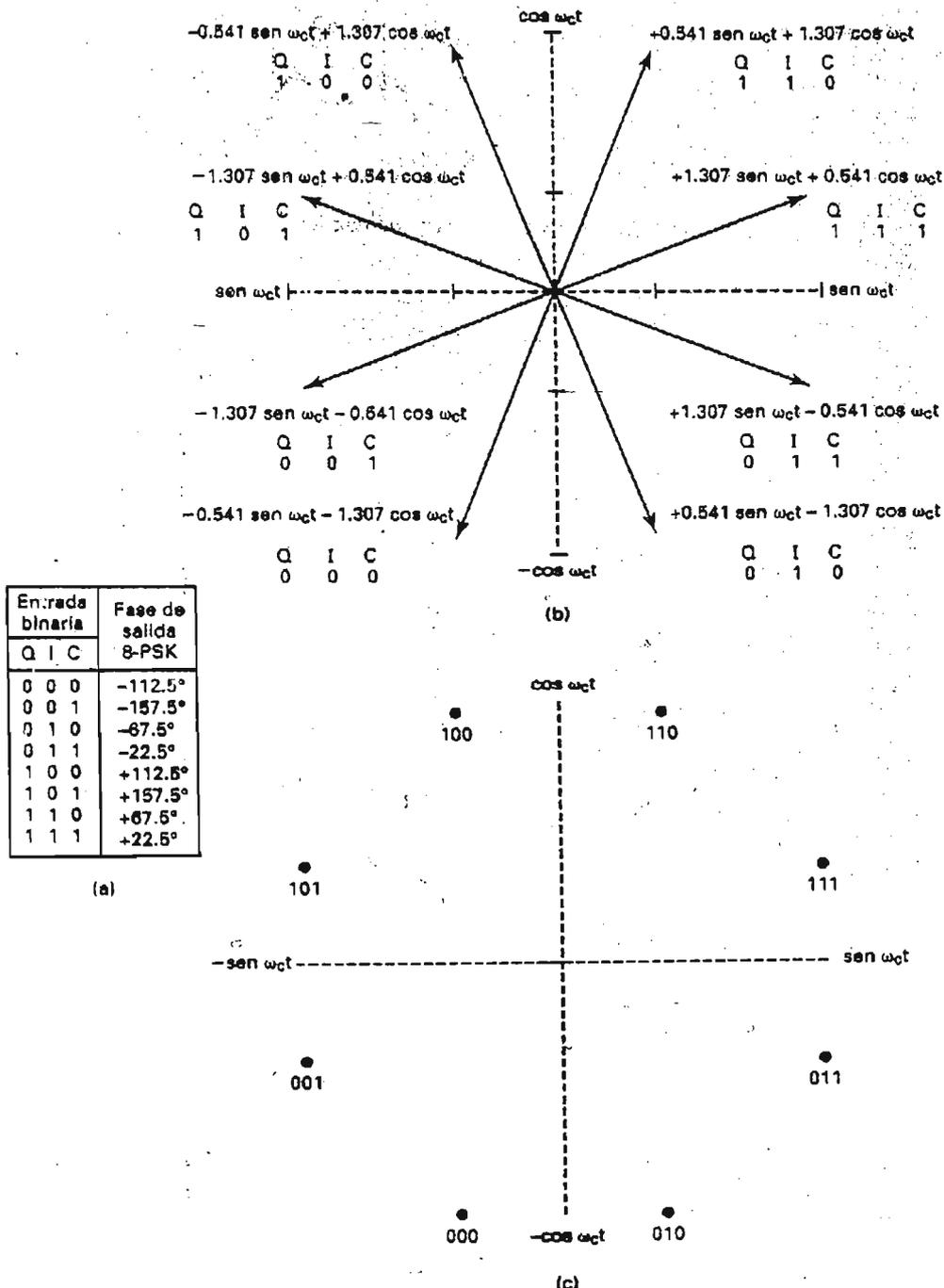


Figura 1.16. Constelación 8-PSK

La figura 1. 17 contiene un diagrama a bloques de un receptor 8-PSK. El divisor de potencia dirige la señal 8-PSK de entrada a los detectores de producto I y Q, y al circuito de recuperación de portadora. Este circuito reproduce la portadora original del oscilador. La señal 8-PSK de entrada se mezcla con la portadora recuperada en el detector I de producto, y con la portadora en cuadratura en el detector de producto Q. Las salidas de los detectores de producto son señales PAM de 4 niveles que se conectan a los convertidores analógico a digital (ADC) de 4 a 2 niveles. Las salidas del convertidor de 4 a 2 niveles del canal I son los bits I y C, mientras que las del convertidor de 4 a 2 niveles del canal Q son los bits Q y /C. El circuito lógico de paralelo a serie convierte los pares IC y Q/C en una salida serie de datos I, Q y C.

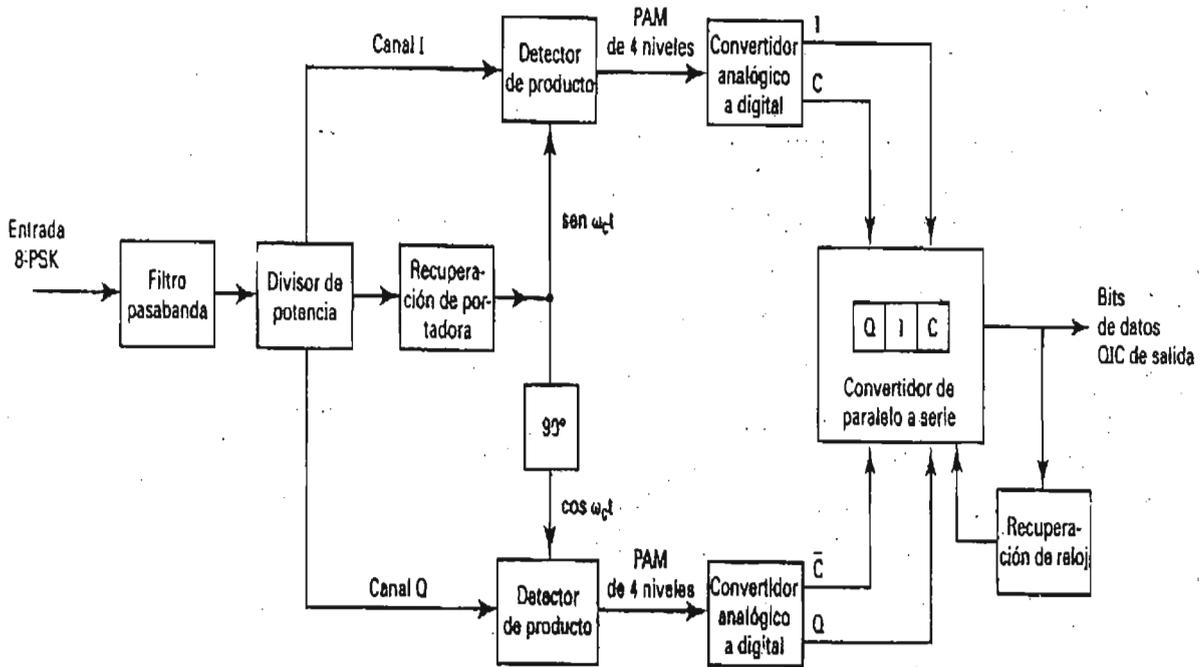


Figura 1. 17. Receptor 8-PSK

### PSK de dieciséis fases (16-PSK)

La modulación 16-PSK es una técnica de modulación M-aria en la que  $M = 16$ , por tanto hay 16 fases posibles de salida. Un modulador 16-PSK actúa sobre los datos de entrada en grupos de cuatro bits. La fase de salida no cambia sino hasta que hayan entrado cuatro bits al modulador. Por lo tanto, el ancho de banda mínimo es igual a la cuarta parte de la velocidad de transmisión. La tabla de verdad y la constelación para un transmisor 16-PSK se puede observar en la figura 1. 18. En la modulación 16-PSK, la separación angular entre las fases adyacentes sólo es de  $22.5^\circ$ . Por esta causa, 16-PSK es muy susceptible a irregularidades introducidas en el medio de transmisión, así es que casi no se usa.

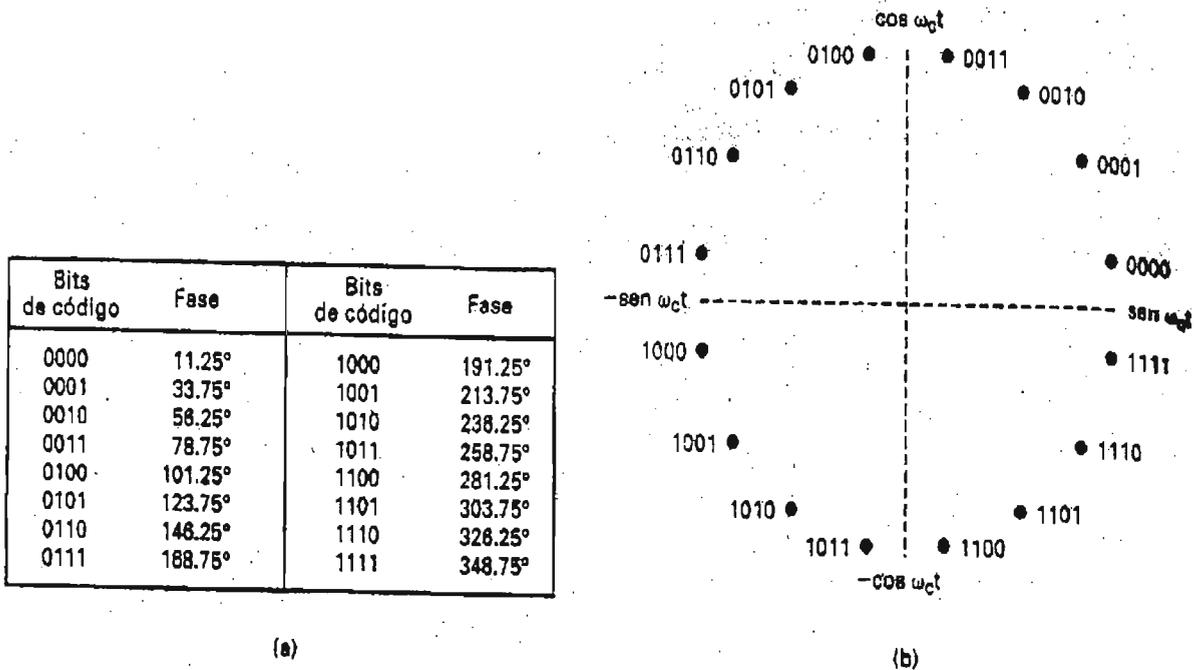


Figura 1. 18. Constelación 16-PSK

1.5.2. Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

QAM es una forma de modulación digital, donde la información digital esta contenida tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

**8-QAM**

8-QAM es una técnica M-aria en la que M = 8. La señal de salida no es una señal de amplitud constante. En la figura 1.19 se muestra un diagrama a bloques de un transmisor 8-QAM.

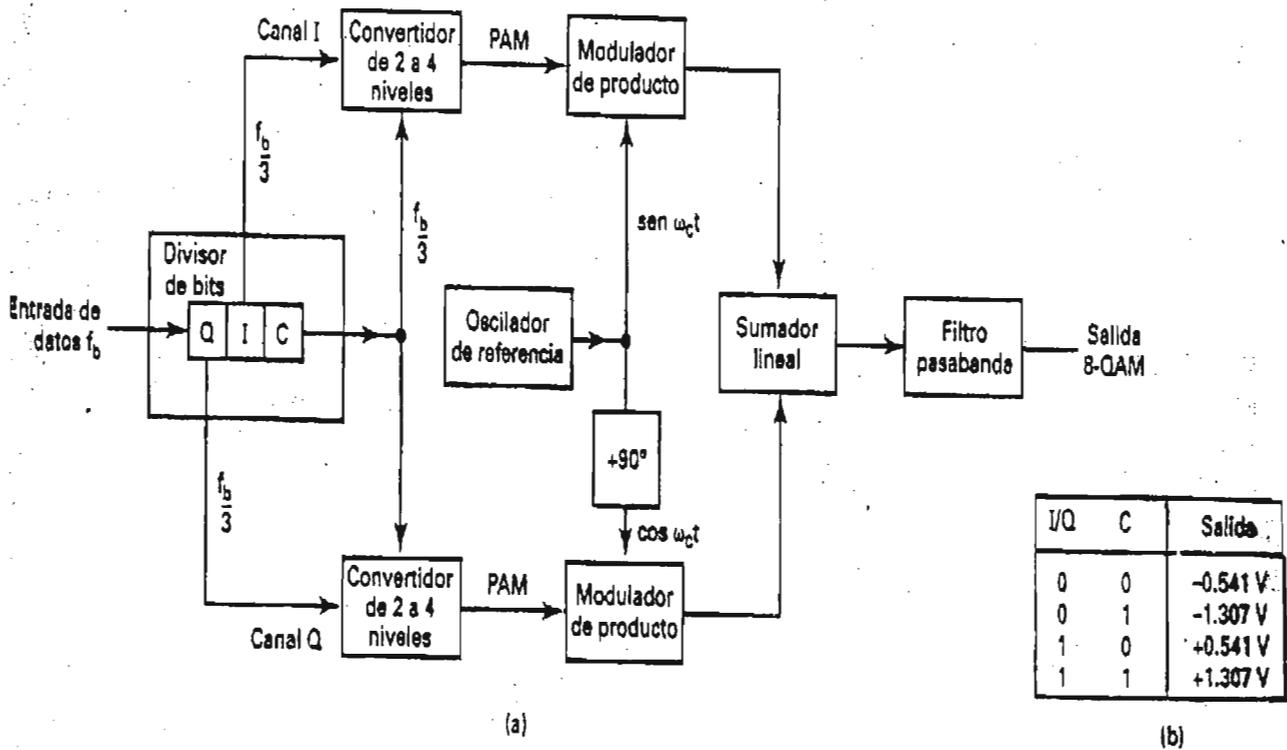
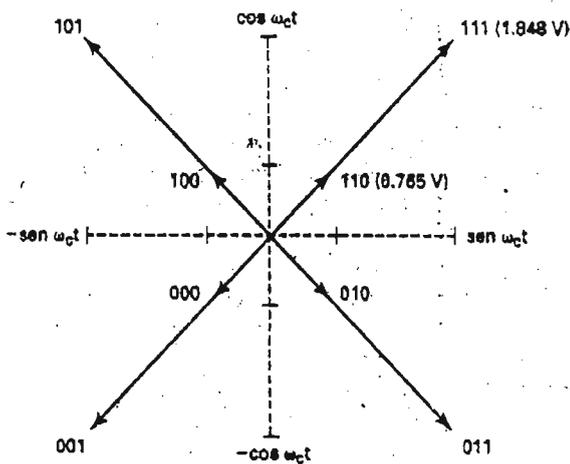


Figura 1.19. Modulador 8-QAM

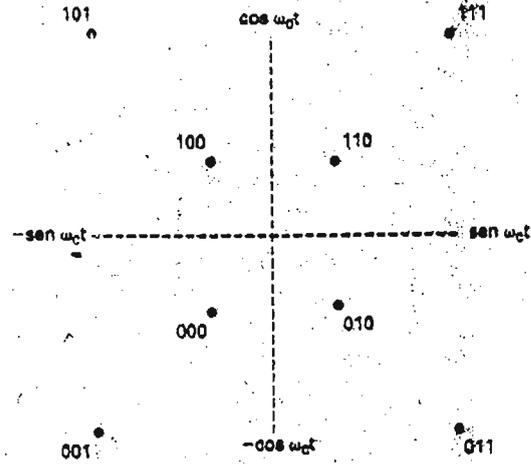
Aquí también los bits se agrupan en tribits; los bits I y Q determinan la polaridad de la señal PAM en la salida de los convertidores de 2 a 4 niveles, y el canal C se alimenta a ambos convertidores de 2 a 4 niveles de los canales I y Q, las magnitudes de las señales PAM, I y Q son iguales. Sus polaridades dependen del estado lógico de los bits I y Q y, por lo tanto, pueden ser distintas. La figura 1.20 muestra la tabla de verdad, el diagrama fasorial y la constelación 8-QAM. El ancho de banda es igual a la tercera parte de la velocidad de transmisión, ya que cada condición de salida representa tres bits.

Entrada binaria			Salida 8-QAM	
Q	I	C	Amplitud	Fase
0	0	0	0.765 V	-135°
0	0	1	1.848 V	-135°
0	1	0	0.765 V	-45°
0	1	1	1.848 V	-45°
1	0	0	0.765 V	+135°
1	0	1	1.848 V	+135°
1	1	0	0.765 V	+45°
1	1	1	1.848 V	+45°

(a)



(b)



(c)

Figura 1.20. Constelación 8-QAM

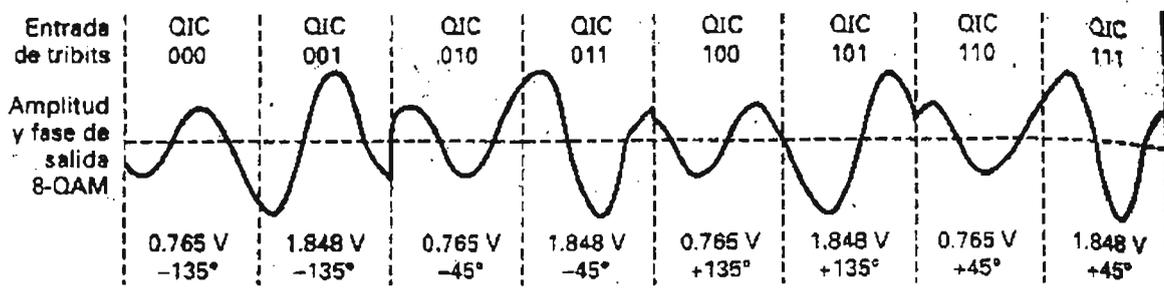


Figura 1. 21. Forma de onda de la señal de salida de un modulador 8-QAM

Un receptor 8-QAM es casi idéntico al receptor 8-PSK. Las diferencias son los niveles de modulación de amplitud de pulso (PAM) en la salida de los detectores de producto y las señales binarias en la salida de los convertidores analógico a digital. El factor de conversión para los convertidores analógico a digital es diferente al de 8-PSK.

### **Eficiencia de ancho de banda**

La eficiencia espectral es el cociente entre la velocidad de transmisión (VT, también conocido como frecuencia de bits  $f_b$ ) en b/s y el ancho de banda ocupado en Hz. Como el ancho de banda mínimo teórico es el de Nyquist (las dos bandas laterales hasta VT/2 reducido por la modulación multinivel) y se expresa mediante VT/M, la eficiencia es un número independiente de la velocidad de transmisión y solo asociado al método de modulación. El factor M corresponde al número de bits transmitidos en un símbolo o condición de salida. La eficiencia espectral, como también se la llama, para los métodos de modulación es igual al número de bits por condición de salida transmitido. La eficiencia esta definida de la siguiente manera:

$$\text{eficiencia} = \frac{\text{velocidad de transmisión (bps)}}{\text{ancho de banda mínimo (Hz)}}$$

$$\text{eficiencia espectral}_{BPSK} = 1 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}$$

$$\text{eficiencia espectral}_{QPSK} = 2 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}$$

$$\text{eficiencia espectral}_{8-PSK} = 3 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}$$

$$\text{eficiencia espectral}_{16-QAM} = 4 \frac{\text{bps}}{\text{Hz}}$$

La tabla 1.5 resume las eficiencias de las diferentes técnicas de modulación.

**Tabla 1. 5. Resumen de la modulación digital**

TIPO DE MODULACIÓN	CODIFICACIÓN [NUMERO DE BITS POR CONDICIÓN DE SALIDA]	ANCHO DE BANDA [Hz]	BAUDIOS	EFICIENCIA DE ANCHO DE BANDA [bps/Hz]
FSK	1	$\geq f_b$	$f_b$	$\leq 1$
BPSK	1	$f_b$	$f_b$	1
QPSK	2	$f_b/2$	$f_b/2$	2
8-PSK	3	$f_b/3$	$f_b/3$	3
8-QAM	3	$f_b/3$	$f_b/3$	3
16-PSK	4	$f_b/4$	$f_b/4$	4
16-QAM	4	$f_b/4$	$f_b/4$	4

### 1.5.3. BER, $E_b/N_0$ y C/N

La P (e) es la expectativa teórica de que determinado sistema tenga una tasa de errores. La tasa de errores es un registro histórico (empírico) del funcionamiento real del sistema en cuanto a errores. Por ejemplo, si un sistema tiene una P (e) de  $10^{-5}$ , eso quiere decir que en el pasado hubo un bit erróneo en cada 100 000 bits transmitidos. Una tasa de error de bits se mide y a continuación se compara con la probabilidad de error esperada, para evaluar el desempeño de un sistema.

La tasa de errores (BER), la relación de energía por bit a densidad de potencia de ruido ( $E_b/N_0$ ) y la relación señal a ruido (C/N) están íntimamente ligadas entre sí. La probabilidad de error es una función de la relación de potencia de la portadora a ruido (C/N) y de la cantidad de condiciones posibles en un tipo específico de modulación digital (M-aria).

$$\frac{C}{N} = \frac{C}{kTB} \quad [\text{Adimensional}]$$

En decibeles,

$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dB} = 10 \log \frac{C}{N} = C_{dBm} - N_{dBm}$$

$E_b/N_0$  se define con la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} = \left(\frac{C}{N}\right)_{dB} + \left(\frac{B}{f_b}\right)_{dB}$$

Donde:

$\frac{E_b}{N_0}$  = relación de energía por bit a densidad de potencia de ruido

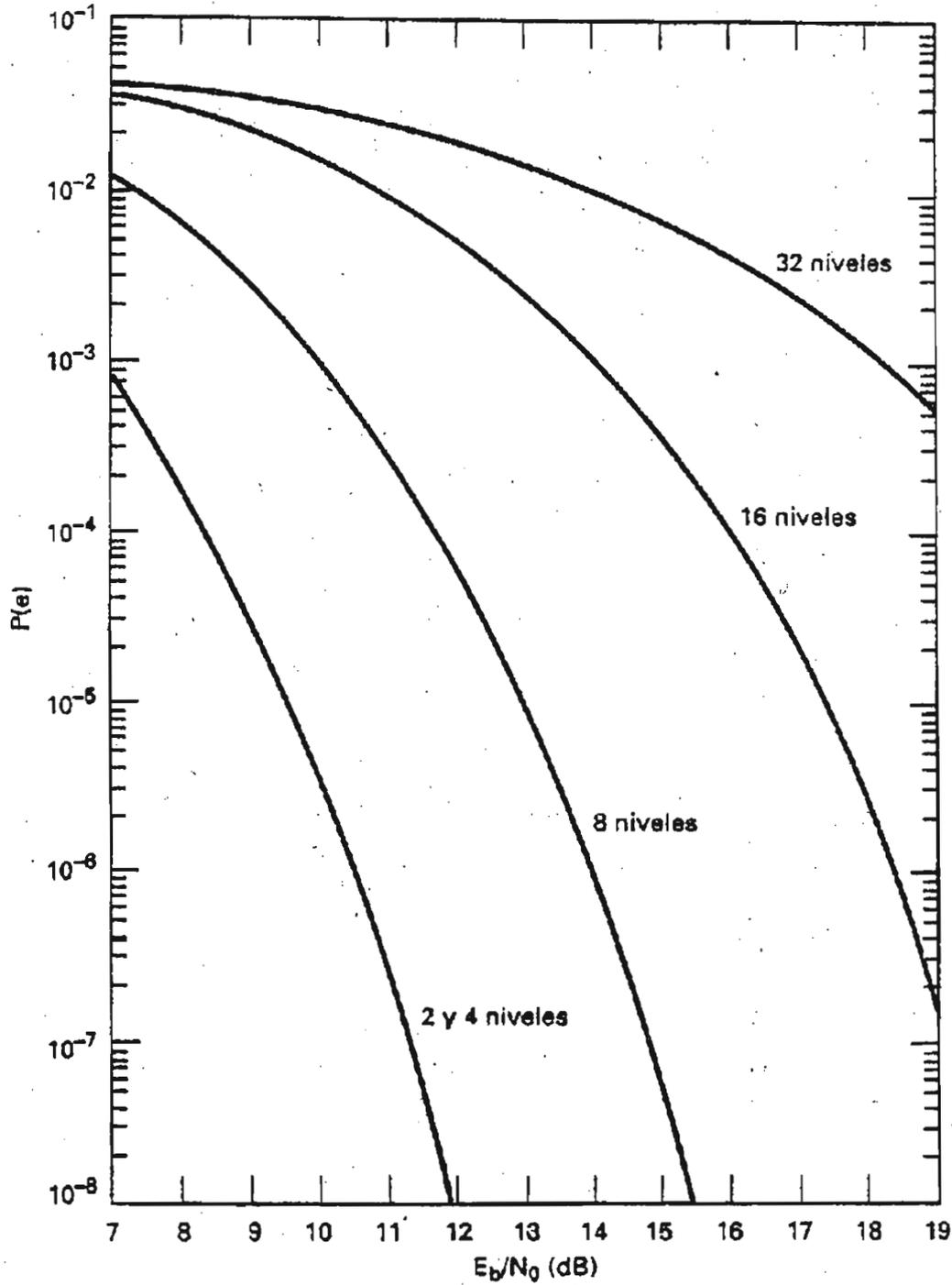
$\frac{C}{N}$  = relación de potencia de portadora a ruido

$\frac{B}{f_b}$  = relación de ancho de banda a frecuencia de bits

La relación de portadora a ruido, puede obtenerse despejando de la ecuación anterior, resultando:

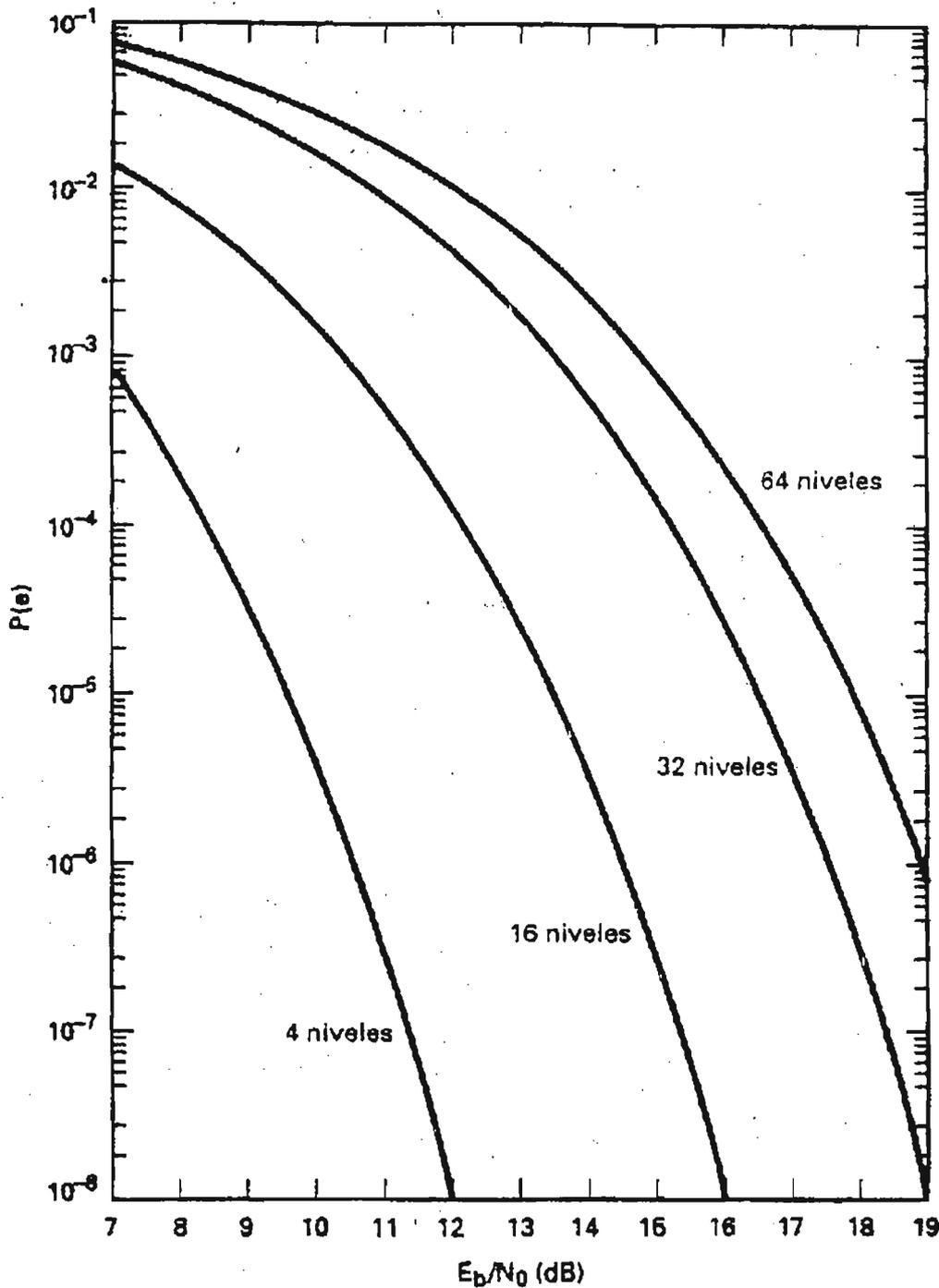
$$\left(\frac{C}{N}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} - \left(\frac{B}{f_b}\right)_{dB}$$

La relación de energía por bit ( $E_b/N_0$ ) se obtiene de la grafica de errores correspondiente al tipo de modulación utilizada. Las figuras 1. 22 y 1. 23 muestran tasas de error para PSK y QAM respectivamente.



Tasas de error para sistemas de modulación PSK

Figura 1. 22.



Tasas de error para sistemas de modulación QAM

Figura 1. 23.

**Tabla 1. 6. Comparación de PSK y QAM [BER = 10<sup>-6</sup>]**

TIPO DE MODULACIÓN	RELACIÓN C/N [dB]	RELACIÓN E <sub>b</sub> /N <sub>0</sub> [dB]
BPSK	10.6	10.6
QPSK	13.6	10.6
4-QAM	13.6	10.6
8-QAM	— 17.6	10.6
8-PSK	18.5	14
16-PSK	24.3	18.3
16-QAM	20.5	14.5
32-QAM	24.4	17.4
64-QAM	26.6	18.8

## 1.6. Multiplexaje

El multiplexaje es la técnica que se utiliza para transmitir varias fuentes de información (ya sea voz, datos, imágenes o vídeo) sobre un mismo canal de comunicación. El multiplexor, frecuentemente llamado MUX, es un equipo de comunicación utilizado para este propósito. La principal ventaja del multiplexaje es la de reducir los costos de la red al minimizar el número de enlaces de comunicación entre dos puntos. Los multiplexores de la actualidad tienen cada vez más "inteligencia", y la adicional inteligencia brinda más beneficios. En pocas palabras, multiplexaje es la técnica de combinar varias señales diferentes y transmitir las simultáneamente sobre un solo canal o medio sin que se interfieran.

### 1.6.1. Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM)

Este tipo de multiplexaje transmite varias señales simultáneamente a una frecuencia diferente y espaciada para que los anchos de banda no se solapen. En la figura 1. 24 se muestra un caso general de FDM. Puede observarse la entrada de varias líneas a un multiplexor, el cual modula cada señal a una frecuencia diferente. Cada señal modulada precisa un cierto ancho de banda centrado alrededor de su frecuencia portadora. Para evitar interferencias los canales se separan mediante bandas de guarda, las cuales son zonas no utilizadas del espectro. La señal compuesta transmitida a través del medio es analógica. Sin embargo, las señales de entrada pueden ser tanto digitales como analógicas.

Cada señal se modula por una portadora  $f_i$ . Dado que se usan varias portadoras, cada una de ellas se denomina subportadora. Se puede hacer uso de cualquier tipo de modulación. Las señales moduladas analógicas resultantes se suman para dar lugar a una señal única (total) en banda base. El espectro de la señal se desplaza hasta quedar centrado en  $f_i$ . Después, la señal compuesta puede desplazarse como un todo a otra frecuencia portadora a través de un proceso adicional de modulación. Este segundo paso de modulación no requiere hacer uso de la misma técnica de modulación que el primero.

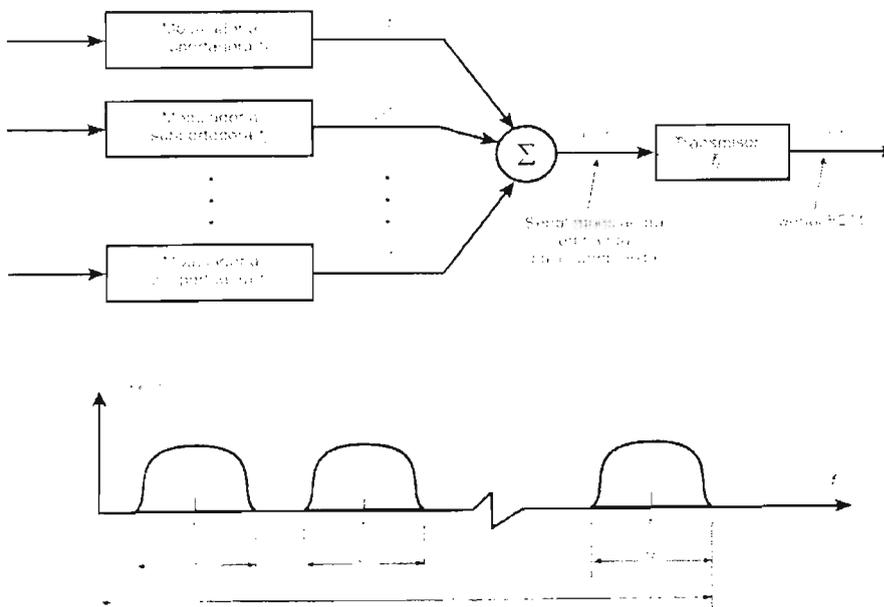


Figura 1. 24. Multiplexaje por División de Frecuencia

**Tabla 1. 7. Estándares de portadoras FDM en EE.UU. Y UIT-T.**

NUMERO DE CANALES DE VOZ	ANCHO DE BANDA [kHz]	ESPECTRO [kHz]	AT&T	UIT-T
12	48	60-108	Grupo	Grupo
60	240	312-552	Supergrupo	Supergrupo
300	1232	812-2044		Grupo maestro
600	2520	564-3084	Grupo maestro	
900	3872	8516-12388		Grupo supermaestro
N x 600			Grupo maestro multiplexado	
3600	16984	564-17548	Grupo jumbo	
10800	57442	3124-60566	Grupo jumbo multiplexado	

#### 1.6.2. Multiplexaje por División de Tiempo (TDM)

En el multiplexaje por división en el tiempo (TDM), a cada canal se le asigna la totalidad del ancho de banda de la línea por períodos de tiempo regulares específicos; los intervalos de tiempo dependen, obviamente, del número de canales que comparten la línea. En cada caso hay bandas de protección que separan los canales adyacentes para evitar interferencia mutua. En la práctica la transmisión digital es a partir de pulsos discretos, esto se lleva a cabo intercalando los pulsos de los diferentes canales de tal manera que la secuencia de 8 bits procedente del primer canal sea seguida de la secuencia de ocho pulsos que procede del segundo canal y así sucesivamente. El equipo multiplexor se puede considerar como un interruptor giratorio que capta por vez 8 bits de cada uno de los canales de entrada A, B, C. Así, el tren de bits de salida del multiplexor comprenderá, a su vez, el byte A1, el byte B1, el byte C1, después, reiniciando el ciclo, el byte A2, el byte B2, el byte C2, etc. Los diferentes canales comparten en tiempo la trayectoria de salida de transmisión. De esta manera es posible transmitir sobre la misma trayectoria la información.

En TDM debe haber sincronización y señalización, la UIT-T diseño una configuración para una trama TDM, figura 1. 25. En esta trama hay 32 TS (Time Slot), también llamados IT (Intervalo de Tiempo o Ranura de Tiempo). Cada una de estas ranuras contiene 8 bits de información correspondiente a un canal. Los TS 0 y TS 16 son para sincronización y señalización de la trama respectivamente.

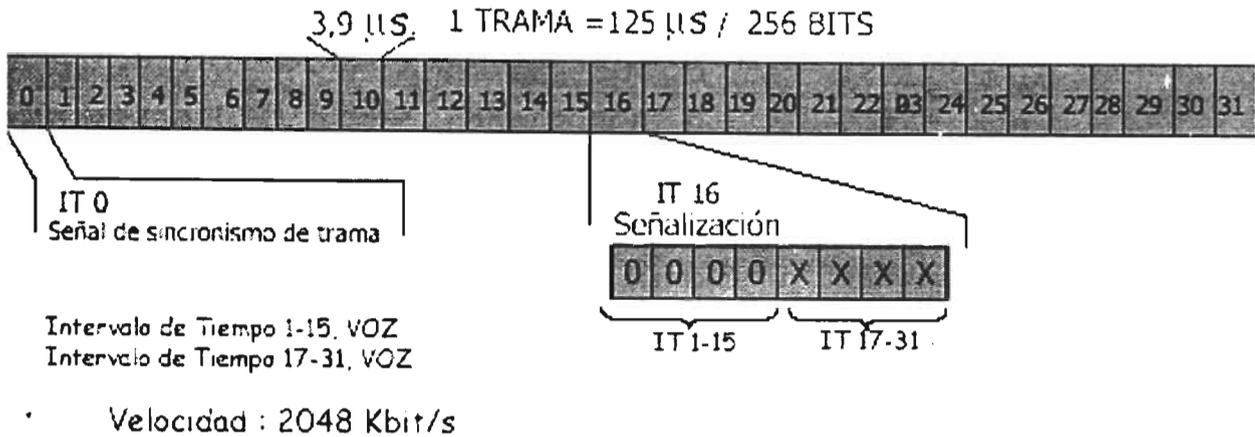


Figura 1. 25. Trama TDM

Hay dos jerarquías para TDM, el estándar de los Estados Unidos y el estándar internacional de la UIT-T. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. 8. Estándares TDM

NOMENCLATURA	E.U.			UIT-T		
	NUMERO DE CANALES DE VOZ	VELOCIDAD [Mbps]	NIVEL	NUMERO DE CANALES DE VOZ	VELOCIDAD [Mbps]	
DS-1	24	1.544	1	30	2.048	
DS-1C	48	3.152	2	120	8.448	
DS-2	96	6.312	3	480	34.368	
DS-3	672	44.736	4	1920	139.264	
DS-4	1032	274.176	5	7680	565.148	

## 1.7. Synchronous Digital Hierarchy [SDH]

La nueva jerarquía de sistemas de transmisión basada en la SDH (Synchronous Digital Hierarchy) nace por la exigencia de superar las limitaciones de la multiplexación plesiócrona PDH. La jerarquía SDH se encuentra normalizada por el CCITT en sus recomendaciones G.707, G.708 y G.709. Responde a la necesidad de los administradores de telecomunicaciones de disponer de una estructura de red que asocie una elevada velocidad de información con características de flexibilidad y de gestión que son necesarias para afrontar el crecimiento de las necesidades del usuario, tanto en términos de multiplicidad de servicios así como para el control directo de los elementos utilizados. La técnica síncrona del multiplexaje permite la configuración de una sucesión de grupos de bits en la trama de tal modo que permite, cuando es necesario, la introducción y extracción (Add/Drop) de señales a velocidades más bajas. Por ejemplo, obtener 34 Mbps desde 155 Mbps sin emplear procedimientos complejos de multiplexación y demultiplexación en los nodos de la red y sin afectar a los demás flujos de datos que se transportan en el canal de alta velocidad.

### 1.7.1. Características de los sistemas PDH

Las redes de alta capacidad se basan en una jerarquía de señales digitales multiplexadas. Las señales tributarias de más baja tasa de bits, por ejemplo 2.048 Mbps, se multiplexan en pasos asíncronos fijos para formar y transmitir una señal con tasa más alta de bits.

El acceso a señales tributarias en cada nivel de la jerarquía, para propósitos de enrutamiento y de prueba, se consigue mediante puntos de "cros-conexión" (conexión de cruce) de señal en el nivel apropiado de la estructura de multiplexaje. Para lograr acceso a la señal de 2.048 Mbps, debido a que el multiplexaje es asíncrono, toda la estructura de la señal de línea se debe demultiplexar paso a paso hasta descender al nivel de 2.048 Mbps.

### 1.7.2. Jerarquía de multiplexación

En los años 70 comenzó a usarse la jerarquía PDH para sistemas de primer orden en donde un canal telefónico se muestrea, se cuantifica y se codifica para formar un canal de 64 kbps que después se combinara con otros canales para formar tramas y supertramas (Multiplexaje por División de Tiempo), agregando canales de sincronía, alarmas y señalización. Existen tres normas para jerarquizar el multiplexaje. Estas son regidas por la UIT-T en la recomendación G.702, la norma europea es la que esta vigente en México y se muestra en la tabla 1.9.

**Tabla 1. 9. Jerarquía PDH**

NIVEL JERÁRQUICO	VT [Mbps]
E <sub>0</sub>	0.064
E <sub>1</sub>	2.048
E <sub>2</sub>	8.448
E <sub>3</sub>	34.368
E <sub>4</sub>	139.264
E <sub>5</sub>	564.992

### 1.7.3. Limitantes de los sistemas PDH

PDH es una tecnología plesiócrona, por ello no es posible insertar o extraer (Add&Drop) ningún canal o tributaria sin demultiplexar completamente la señal de entrada hasta el nivel requerido. Obviamente, y conjuntamente con el problema de la limitación en las posibilidades de administración y mantenimiento, esta es la mayor desventaja para esta tecnología. Por esta razón, nuevas tecnologías de transmisión tales como SDH se han desarrollado permitiendo configuraciones de red más flexibles y menos costosas. Las principales limitantes de estas redes se listan a continuación:

- Inflexibles y costosas: la flexibilidad para propósitos de integración de redes se mide en términos de la accesibilidad a una señal tributaria individual, transportada por un sistema particular de línea. Los sistemas de alta capacidad actuales no se consideran apropiados a este respecto ya que el acceso a cualquier señal tributaria no se puede obtener sin demultiplexar toda la señal paso a paso hasta el nivel adecuado. Ganar acceso a una señal tributaria para propósitos de reenrutamiento significa la mitad del costo del equipo. La otra mitad del costo se significa después del reenrutamiento pues la señal tributaria también debe ser remultiplexada paso a paso para formar de nuevo la señal de línea y poder transmitirla. Esto hace que la tecnología de multiplexaje plesiócrono sea un medio costoso para la construcción de redes de telecomunicaciones.
- Mantenimiento y administración de la red limitada: la falta de capacidad de reserva de señal en las estructuras de las tramas limita frecuentemente las mejoras que se pueden hacer en las posibilidades de administración y manejo de la red para sustentar una red futura.
- Los sistemas de línea para tasas mayores son incompatibles: una limitante adicional se los sistemas de línea de alta capacidad consiste en que no hay un estándar común. Los fabricantes de equipo de red tienen sus propios diseños. Consecuentemente, ambos extremos del sistema de línea se deben adquirir al mismo fabricante.

#### 1.7.4. Características de los sistemas SDH

La estructura de trama SDH se denomina STM-1 (Synchronous Transport Module 1st order) y tiene una velocidad de 155 520 kbps. El método de entramado se denomina mapeado de señales definidas en la Jerarquía Digital Plesiócrona PDH. Los principales objetivos que se persiguen durante la definición de las recomendaciones de la SDH son:

- ✓ Definición de nodos usados como soporte de transmisión y gestión relacionados (TMN Telecommunication Management Network)
- ✓ Armonizar las jerarquía plesiócronas de Europa y Norte América creando un estándar mundial
- ✓ Estandarizar la información de servicios contenidos en el encabezado (Overhead OH).

Además de estos objetivos generales, la introducción de la jerarquía SDH ofrece la oportunidad de proyectar una nueva generación de equipos de transmisión que entregan los siguientes beneficios:

- ✓ Compatibilidad entre equipos de distinta proveniencia, obtenida mediante:
  - Estandarización de la interfaz de línea tanto a nivel eléctrico/óptico como a nivel de formato de trama.
  - Adopción de canales auxiliares y bits de control normalizados e insertados en la misma trama de multiplexación de la señal principal.
- ✓ Fácil acceso a las señales de tributario y operaciones de multiplexación y demultiplexación simplificadas.
- ✓ Simplificación de las funciones de inserción y extracción de canales tributarios en el flujo agregado (Add/Drop) y permutación de flujos numéricos (operación cross-connect).
- ✓ Reducción de los costos gracias a las posibilidades dadas por el mapeado, a saber:
  - Gestión automática y centralizada de la red de transmisión.
  - Posibilidad de realización de nuevas topologías de red más eficientes en términos de reconfiguración (sobre todo en la parte de acceso) y simplificación del protocolo de reconfiguración para protección de la red.
  - Integración de los equipos uniendo terminales de línea y multiplexores.
  - Estructura de multiplexores simplificada, así como los equipos Add/Drop ADM y Cross-connect DCX.
- ✓ Realización de sistemas con estructura flexible, que permiten la instalación de nuevas redes, entre ellas las redes dedicadas, MAN y B-ISDN.

Todas las señales tributarias que aparecen en la red plesiócrona se pueden transportar sobre SDH. Además, SDH puede transportar ATM, FDDI, DQDB, etc.



#### 1.7.7. Entidades de encabezado

Los encabezados se dividen en encabezados de trayectoria POH (PATH OVERHEAD) y en encabezados de sección SOH (SECTION OVERHEAD). SOH se divide a su vez en encabezados de sección de regenerador (RSOH) y de sección de multiplexor (MSOH). SOH se introduce en la última etapa de construcción de un STM-n y POH cada vez que se construye un contenedor virtual VC (VIRTUAL CONTAINER). Existen además los apuntadores que sirven para compensar desviaciones de fase y/o frecuencia, a continuación se enumeran algunas de sus funciones:

- Permiten la operación de tipo plesiócrono de los VC's dentro de la red.
- Ajustando el valor de los apuntadores se pueden adaptar las velocidades de transmisión de los VC's.
- Facilita el multiplexaje y demultiplexaje.

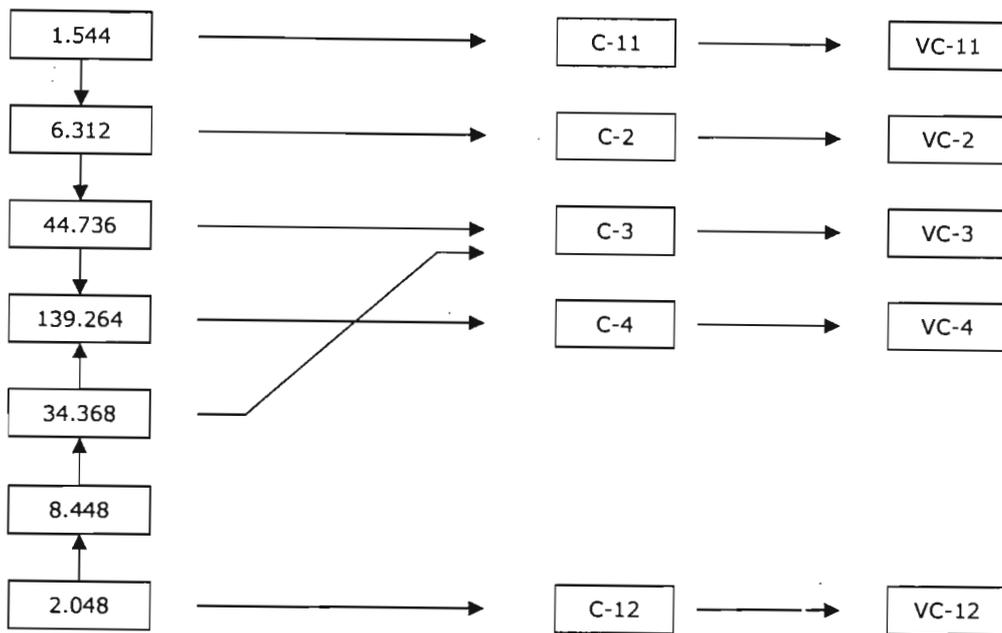
#### 1.7.8. Estructura de multiplexaje

La estructura numérica base de la jerarquía SDH está constituida por la trama del denominado Módulo de Transporte Sincrónico de primer nivel jerárquico, indicado con la sigla STM-1. Mediante un proceso de multiplexación e intercalado de octetos a partir del STM-1 se constituye el Módulo de Transporte Sincrónico STM-N de orden superior. Para el STM-1 se construye la denominada Unidad Administrativa AU que contiene Grupos de Unidades de Tributario TUG. El TUG se obtiene como multiplexación por intercalado de octeto de tributarios de orden inferior. El TUG deriva de la Unidad de Tributario TU que contiene a los denominados Contenedores Virtuales VC, dentro de los cuales se encuentra el contenedor C con la señal útil a transportar. Enseguida se detalla esta multiplexación.

Los elementos del multiplexaje son:

#### **Contenedor [C-n]**

Es la unidad más elemental del multiplexaje SDH. Todas las señales tienen que ser introducidas en el respectivo contenedor antes de que se proceda a multiplexarlas, se conoce como la carga útil de información.



C-11 = 1.6 Mbps (1.544 Mbps)  
 C-12 = 2.167 Mbps (2.048 Mbps)  
 C-2 = 6784 Mbps (6.132 Mbps)  
 C-3 = 48384 Mbps (44.736 Mbps)  
 C-4 = 149.760 Mbps (139.264 Mbps)

Figura 1. 27. Multiplexaje de señales básicas

### Contenedor virtual [VC-n]

Se compone del contenedor y de los campos de información de ruta POH. Las cuatro clases de contenedores virtuales VC-1, VC-2, VC-3 y VC-4 corresponden a los contenedores C-1, C-2, C-3 y C-4 respectivamente. A VC-1 y VC-2 se les llama de bajo orden; y a VC-3 y VC-4 se les conoce como de alto orden.

### Unidad tributaria [TU-n]

En esta etapa se agregan los apuntadores a los contenedores virtuales. Los contenedores virtuales de bajo orden se pueden mapear en contenedores virtuales de alto orden a través de una TU o una GTU.

TU-11 = 1.728 Mbps	84 TU-11 = 1 VC-4
TU-12 = 2.304 Mbps	63 TU-12 = 1 VC-4
TU-2 = 6.912 Mbps	21 TU-2 = 1 VC-4
TU-3 = 49.54 Mbps	3 TU-3 = 1 VC-4

## Grupos de unidades tributarias [TUG-n]

Esta etapa agrupa varias unidades tributarias que se multiplexan juntas. Es decir, junta una o más unidades tributarias y las coloca en el espacio de carga útil de un contenedor de orden superior.

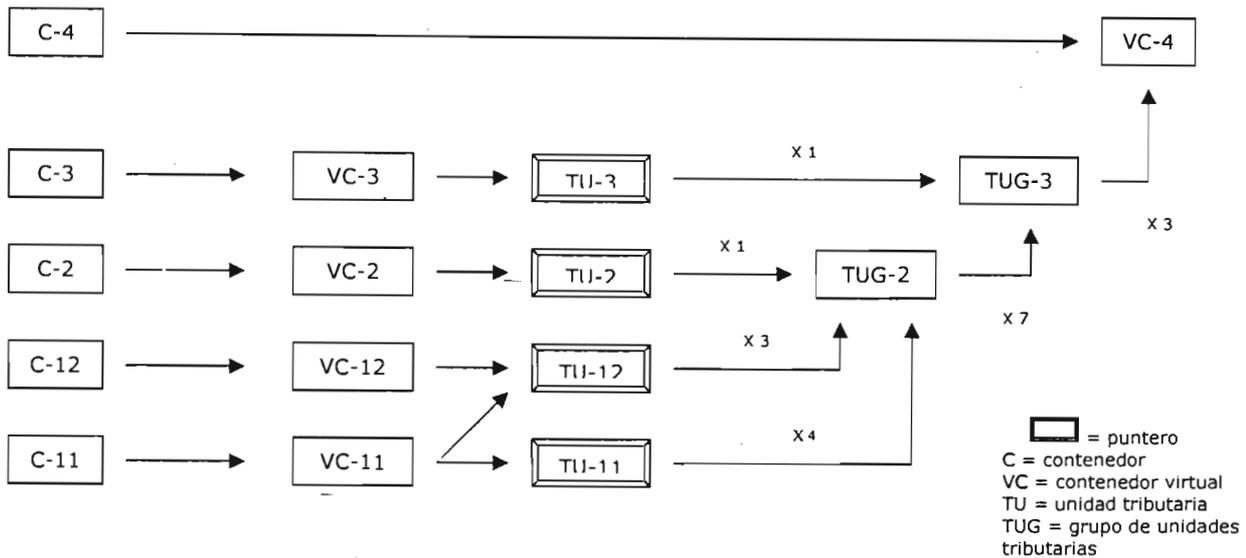


Figura 1. 28. Multiplexaje de tributarias

## Unidad administrativa [AU-n]

Esta unidad agrega apuntadores a los contenedores virtuales, en forma similar a como lo hacen las unidades tributarias. Una unidad administrativa se construye con la carga de un contenedor de alto orden y de un apuntador. Cuando un VC se mapea en un STM-1 sin pasar a través de otros VC, entonces la unidad tributaria se convierte en una unidad administrativa. Si a un VC-4 se le agrega un apuntador entonces se tendrá una unidad administrativa AU-4.

## Grupo de unidades administrativas [TUG-n]

Agrupa varias unidades administrativas para formar un sistema SDH.

## Modulo de Transporte Síncrono [STM-n]

En este modulo se agregan los encabezados de sección (MSOH y RSOH) a las unidades administrativas. STM-n es el producto final del multiplexaje y es la señal que se transmite sobre la red de transmisión síncrona. En la figura 1. 29 se muestra el esquema de la estructura de multiplexación previsto de la estandarización del Instituto Europeo de Estándar en Telecomunicaciones ETSI. Se muestran también los valores de la capacidad de transporte de cada trama numérica que se obtiene como suma de la capacidad de transporte más los bits de encabezado de cada etapa.

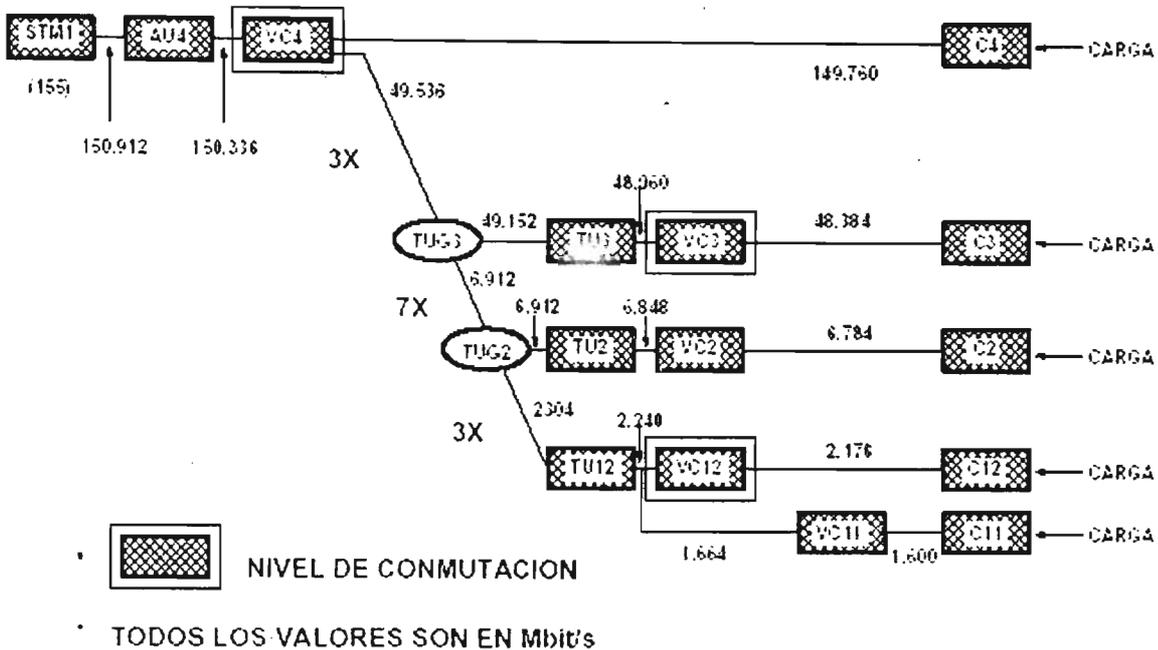


Figura 1. 29. Estructura de multiplexación SDH (ETSI)

## Sumario

La estructura de multiplexaje SDH define cómo la información es acomodada para construir un STM-1. Este modo de mapeo de contenedores en una señal STM-N es definido por las recomendaciones de la ITU-T. Se ha mencionado que los contenedores son *empaquetados* en STM's por elementos de red. Para que los elementos de red en el extremo contrario extraigan un contenedor virtual, éste debe conocer la localización exacta del contenedor virtual dentro del área de carga útil del STM. Un puntero denota esta ubicación.

La estructura SDH define las siguientes características:

- La señal STM-1 comprende 2430 bytes de información. Esto está distribuido en 270 columnas por 9 filas. Dentro de ellos están contenidos la carga útil del STM-1, los punteros y las cabeceras de sección.
- La construcción del área de carga útil del STM es definida por la estructura mapeada SDH. Las tasas de transmisión de los usuarios son mapeadas en contenedores ( C ) y una cabecera de trayectoria (POH) añadida para dar lugar a un contenedor virtual (VC). Estos formarán Unidades Tributarias (Tributary Units o TU) las cuales consisten en contenedores virtuales más el puntero. El puntero indica la posición de contenedor virtual dentro de la unidad tributaria.
- La unidad tributaria es empaquetada en Grupos de Unidades Tributarias (Tributary Units Groups o TUGs) y finalmente en Grupos de Unidades Administrativas (Administrative Unit Groups o AUGs) de acuerdo a las reglas de estructura de multiplexión SDH de la figura 1. 29.

Las reglas de multiplexaje aseguran que la posición exacta de un contenedor virtual contenido en el área de carga útil pueda ser identificada por cada nodo. Esto tiene la ventaja de que cada nodo puede directamente acceder a un contenedor virtual de la carga útil sin necesitar desmontar y volver a construir la estructura de carga. Las *montañas* de multiplexores que aparecían en las redes PDH no son requeridas. Siguiendo estas reglas de multiplexaje, una señal STM-1 puede ser constituida de diferentes modos. Los VC-4 que formarán la carga útil de la estructura STM pueden contener una señal PDH de 140 Mbps, tres señales PDH de 34 Mbps, sesenta y tres señales PDH de 2 Mbps o combinaciones de ellas, de modo que la capacidad total no sea excedida. Cuando son necesarias tasas de transmisión mayores que STM-1, éstas son obtenidas usando un simple esquema de concatenación de bytes, alcanzando tasas de 622 Mbps (STM-4), 2.5 Gbps (STM-16) y 10 Gbps (STM-64).

#### 1.7.9. Red de transmisión SDH

Los beneficios introducidos por la nueva jerarquía sincrónica SDH permiten proveer una evolución de la red de transmisión hacia una estructura flexible con capacidad de reconfiguración dinámica y con funciones de monitoreo y control gobernados desde un eficiente sistema de gestión (TMN). El nodo fundamental de esta arquitectura son los elementos de red NE con funciones de inserción y extracción (Add/Drop) de gran flexibilidad y los elementos de cross-connect. Los elementos ligados a la red SDH pueden ser subdivididos en dos grupos:

- Repetidores de línea, que tienen funciones de regeneración y comunican a nivel de RSOH. El empleo de regeneradores se limita a enlaces de larga distancia.
- Nodos terminales, que permutan y elaboran los flujos de información que ingresan. Generalmente incluyen las funciones de multiplexación de la estructura numérica de trama STM-n.

Se pone en evidencia una característica típica de los elementos de red de la SDH que consiste en el hecho que no se distingue entre trama de multiplexación y señal de línea, permitiendo de esta forma una integración de equipos. Por este motivo los terminales también desarrollan las funciones de terminación del nivel de sección, gestionando también el SOH. Los equipos que constituyen el terminal de red son los siguientes:

- MUX tanto en la configuración terminal como ADM Add-Drop que permiten la flexibilidad en áreas de acceso a nivel de TU o AU.
- DXC-TU para cross-connect digital a nivel de unidad tributaria TU que introducen flexibilidad a la red con flujos síncronos.
- DXC-AU para cross-connect digital a nivel de unidad administrativa AU que permite la protección de la red y son colocados en centros de nivel jerárquico elevados de la red.

En la figura 1. 30 se representa un ejemplo de la red SDH realizado con el empleo de los equipos mencionados.

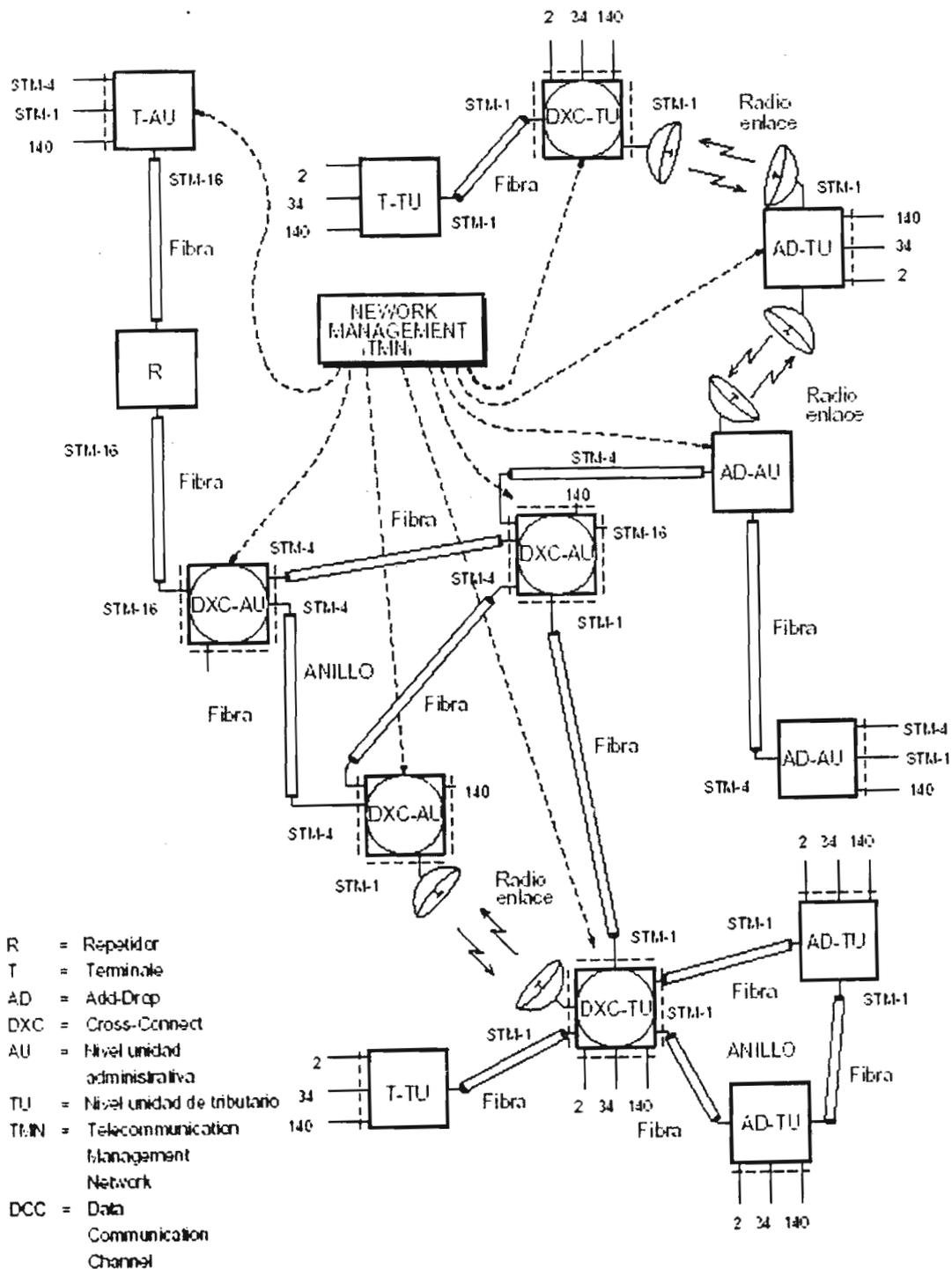


Figura 1. 30. Red SDH

### Sección de multiplexor y de regenerador

En la red SDH la sección multiplexor corresponde a todos los medios de enlace usados para el transporte de la información entre nodos de la red. Comprende tanto los equipos MUX o DXC usados en los nodos de red, los regeneradores de línea y el medio de transmisión verdadero. Mientras que la sección regenerador se refiere con exclusividad a cada enlace entre el medio de transmisión y los equipos de cada extremo. Algunos ejemplos, obtenidos de la figura 1.30, se ilustran en la figura 1. 31.

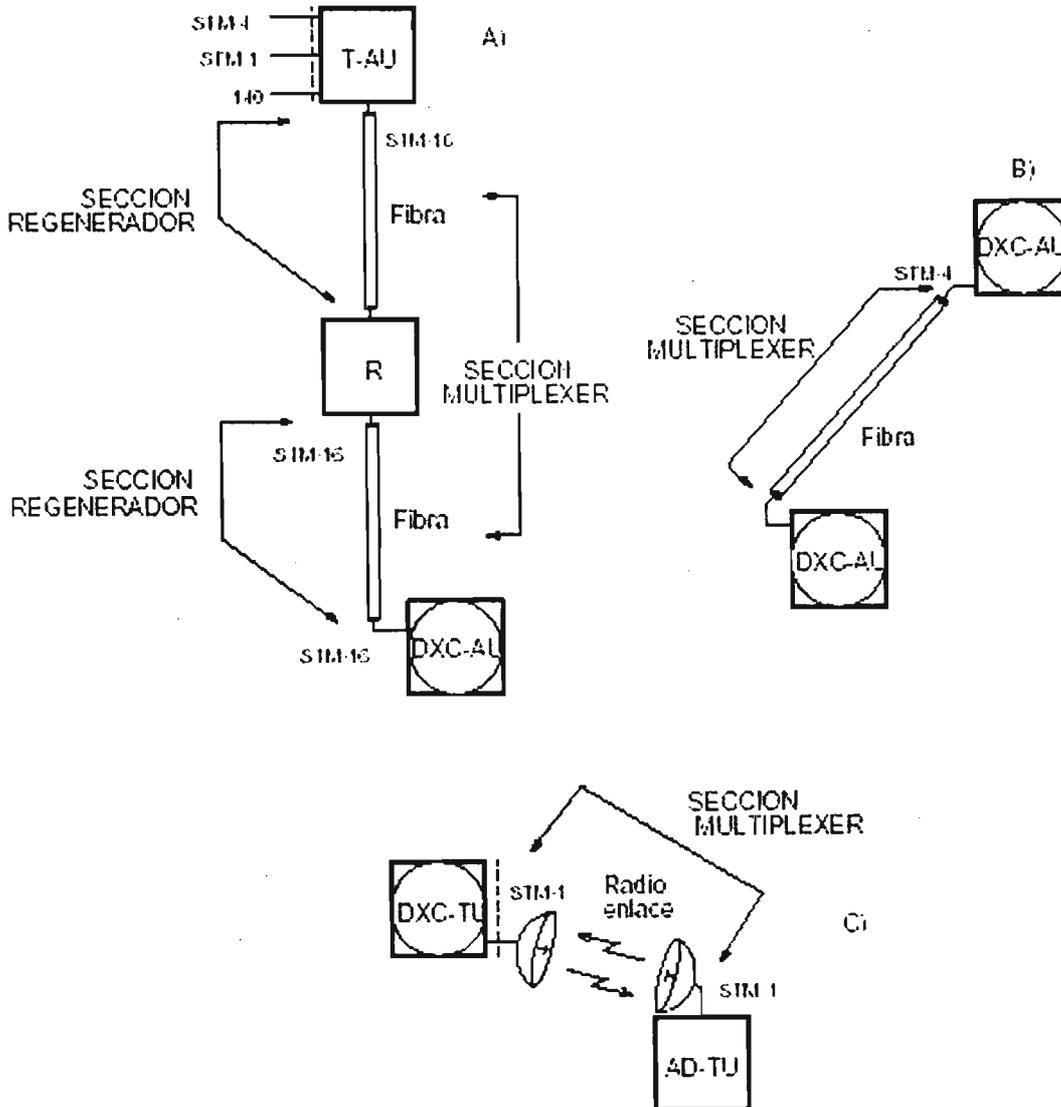


Figura 1. 31. Secciones multiplexor y regenerador

A cada sección de multiplexor se asigna una parte del encabezado SOH de la trama STM-1, o más en general en la trama STM-N, denominada MSOH para las siguientes funciones:

- Punteros
- Conmutación automática
- Control de paridad
- Transmisión de alarmas
- Canales de datos (DCC= Data Communication Channel)
- Canales de servicio de hablar (orderwire)

En la red SDH los equipos de conmutación automática (conmutación entre canal principal y reserva) se encuentran a nivel de la sección de múltiplex terminales.

#### 1.7.10. Ventajas de los sistemas SDH

La principal razón para la creación de SDH fue proporcionar una solución a largo plazo para estandarizar los accesos a redes entre proveedores, es decir, permitir que equipos de diferentes proveedores puedan comunicarse entre sí. Es decir, la intercomunicación entre equipos de múltiples proveedores permitiendo a un elemento de la red SDH comunicarse con otro, así como la sustitución de varios de ellos que pudieran haber sido utilizados previamente sólo para propósitos de interfase. La segunda ventaja del SDH es que es síncrono. En la actualidad, la mayoría de los sistemas de multiplexado son plesiócronicos. Es decir, no existe un reloj de red al que se encuentren sincronizados todos los elementos.

Sistema de Transporte:

- Mapeo Flexible de la Carga de Información (payload)
- Interfase con estándares globales
- Detección de fallos y monitoreo de funcionamiento
- Mejora en la capacidad de Gestión de la Red

Sincronización:

- Operación de Inserción/Extracción sencilla
- Retardos despreciables

Transmisión:

- Microondas
- Fibra óptica

Información:

- Voz, datos y video

Las principales ventajas de SDH son:

- Fue diseñado para la integración de redes de telecomunicaciones: los estándares SDH se basan en los principios del multiplexaje síncrono directo que es la base para la integración flexible y económica de redes de telecomunicaciones. Esto significa que las señales tributarias individuales se pueden multiplexar directamente para formar una señal SDH de más alta tasa, sin la necesidad de etapas intermedias de multiplexaje. Los elementos de la red SDH se pueden interconectar directamente con considerables ahorros en costo y equipo en comparación con PDH.
- Administración y mantenimiento de la red avanzado: aproximadamente el 5 % de la estructura de la señal SDH se asigna para soporte de las prácticas y procedimientos de administración y mantenimiento avanzados.
- Permite una infraestructura única de red de telecomunicaciones: SDH hace posible el surgimiento de una infraestructura unificada de red de telecomunicaciones, es decir, que el equipo suministrado por diferentes fabricantes se puede interconectar directamente ya que SDH tiene un estándar común único.

*When we grew up and went to school  
There were certain teachers who would  
Hurt the children in any way they could*

*"OOF!" [someone being hit]*

*By pouring their derision  
Upon anything we did  
And exposing every weakness  
However carefully hidden by the kids  
But in the town, it was well known  
When they got home at night, their fat and  
Psychopathic wives would thrash them  
Within inches of their lives.*

*We don't need no education  
We don't need no thought control  
No dark sarcasm in the classroom  
Teachers leave them kids alone  
Hey! Teachers! Leave them kids alone!  
All in all it's just another brick in the wall.  
All in all you're just another brick in the wall.*

*We don't need no education  
We don't need no thought control  
No dark sarcasm in the classroom  
Teachers leave them kids alone  
Hey! Teachers! Leave them kids alone!  
All in all it's just another brick in the wall.  
All in all you're just another brick in the wall.*

## 2. Capitulo II. Teoría de transmisión por microondas.

La información se origina en una fuente y se hace llegar a su destinatario por medio de un mensaje a través de un canal de comunicación; el destinatario generalmente se encuentra en un punto geográfico distante, o por lo menos, separado de la fuente. La distancia entre fuente y destinatario puede variar desde pocos centímetros (al hablar frente a frente a un volumen normal) hasta cientos y aun miles de kilómetros (como es el caso de transmisiones telefónicas intercontinentales o de transmisiones desde y hacia naves espaciales).

Esto constituye precisamente el problema central de las telecomunicaciones, ya que al haber una fuente que genera información en un punto y un destinatario en otro punto geográfico distante del primero, se trata de saber cuál es la mejor manera de hacer llegar al destinatario la información generada por la fuente, de manera rápida (por la dependencia temporal de la importancia de la información), segura (para garantizar que la información no caiga en manos de alguien que haga mal uso de ella, o a quien simplemente no estaba destinada), y veraz (para garantizar que en el proceso de transmisión no se alteró el contenido de la información). En nuestros días, influidos fuertemente por aspectos de tipo económico, intervienen además otros factores, tales como el costo de hacer llegar la información de la fuente a su destino. Si el costo no fuera determinante, con seguridad conversaríamos telefónicamente con amistades o parientes en otros países sin importar la duración de las llamadas.

El problema central de las telecomunicaciones también fue definido con claridad por Shannon quien estableció que un sistema de comunicaciones consiste en cinco partes:

- Una fuente de información
- Un transmisor de información cuya función consiste en depositar la información proveniente de la fuente en un canal de comunicaciones
- Un canal de comunicaciones, a través del cual se hace llegar la información de la fuente al destino
- Un receptor que realiza las funciones inversas del transmisor, es decir, extrae la información del canal y la entrega al destinatario
- Un destinatario

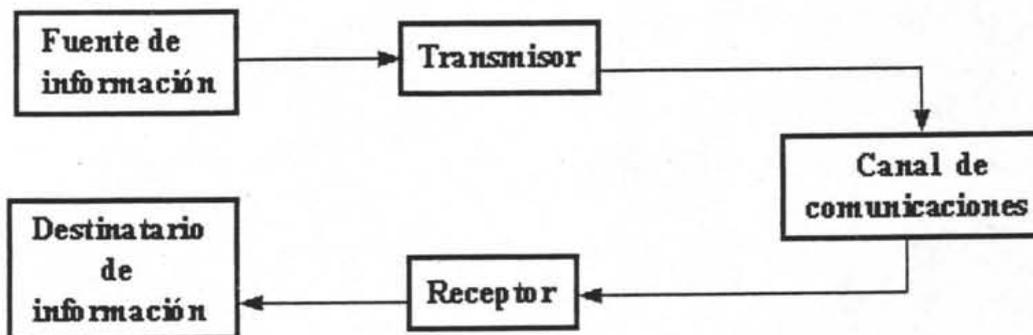


Figura 2.1. Sistema de comunicaciones

En microondas, tanto la transmisión como la recepción, se lleva a cabo mediante antenas. En la transmisión, la antena radia energía electromagnética en el medio (atmósfera), y en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que la rodea. Básicamente, en las transmisiones inalámbricas, hay dos tipos de configuraciones: direccional y omnidireccional. En la primera, la antena de transmisión emite la energía electromagnética concentrándola en un haz; por lo tanto, las antenas de transmisión y recepción deben estar perfectamente alineadas. En el caso de transmisión omnidireccional, la radiación de la energía es más dispersa, emitiendo en todas direcciones, pudiendo recibir la señal varias antenas. En general, cuanto mayor es la frecuencia de la señal transmitida es más factible confinar la energía en un haz direccional.

## 2.1. Características de transmisión de las microondas

Una onda electromagnética se produce por la aceleración de una carga eléctrica y se acompañan por un campo eléctrico E y un campo magnético H en la región circundante del espacio. La figura 2.2 muestra una onda electromagnética.

Las ondas viajan a diversas velocidades, ésta depende del tipo de onda y de las características del medio de transmisión. Las ondas electromagnéticas viajan, en el espacio libre, a la velocidad de la luz. En la atmósfera, las ondas electromagnéticas viajan un poco más despacio; sin embargo, puede considerar casi siempre así, la diferencia entre el vacío y la atmósfera es que la atmósfera introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío.

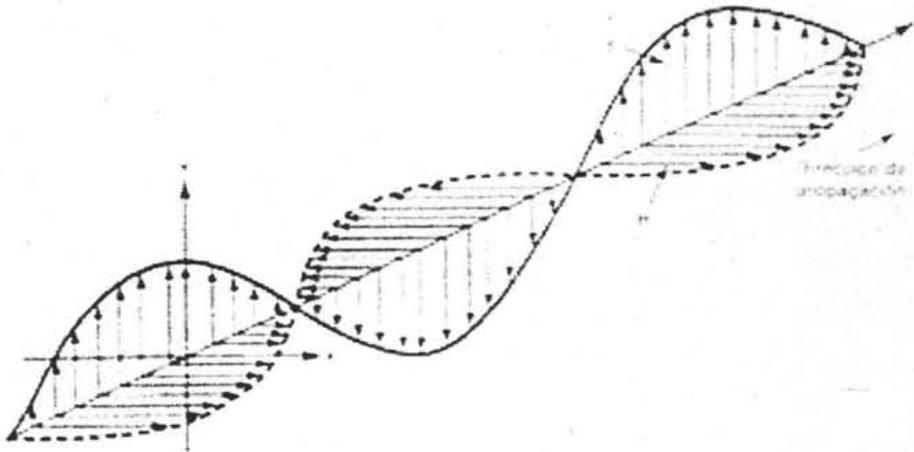


Figura 2.2. Onda electromagnética

La propagación de las ondas electromagnéticas por el espacio libre se llama propagación de radiofrecuencia (RF). Las ondas de radio son ondas electromagnéticas y se propagan a través de la atmósfera en línea recta y a la velocidad de la luz.

### 2.1.1. Polarización electromagnética.

La polarización de una onda electromagnética es la orientación del vector del campo eléctrico con respecto a la superficie (horizonte). Si la polarización permanece constante se llama polarización lineal. La polarización horizontal (el campo eléctrico se propaga en dirección paralela a la superficie) y la polarización vertical (el campo eléctrico se propaga en dirección perpendicular a la superficie) son dos formas de polarización lineal. Si el vector de polarización gira  $360^\circ$  a medida que la onda recorre una longitud de onda por el espacio, y la intensidad de campo es igual en todos los ángulos de polarización, se dice que la onda tiene polarización circular. Cuando la intensidad de campo varía con cambios en la polarización, se dice que es una polarización elíptica. Una onda rotatoria puede girar en cualquier dirección. Si el vector gira en dirección de las manecillas del reloj, es derecho, y si gira en dirección contraria se considera izquierdo.

### 2.1.2. Rayos y frentes de onda

Las ondas electromagnéticas son invisibles y deben analizarse con métodos indirectos, mediante esquemas. Los conceptos de rayos y frentes de onda sirven para ilustrar los efectos de la propagación de ondas electromagnéticas a través del espacio libre.

Un rayo es una línea trazada a lo largo de la dirección de propagación de una onda electromagnética. Los rayos se usan para mostrar la dirección relativa de la propagación de la onda electromagnética. Un frente de onda representa una superficie de ondas electromagnéticas de fase constante. Se forma un frente de onda cuando se unen puntos de igual fase en rayos que se propagan desde la misma fuente. La figura 2.3 muestra un frente de onda con una superficie que es perpendicular a la dirección de la propagación; cuando una superficie es plana, su frente de onda es perpendicular a la dirección de la propagación.

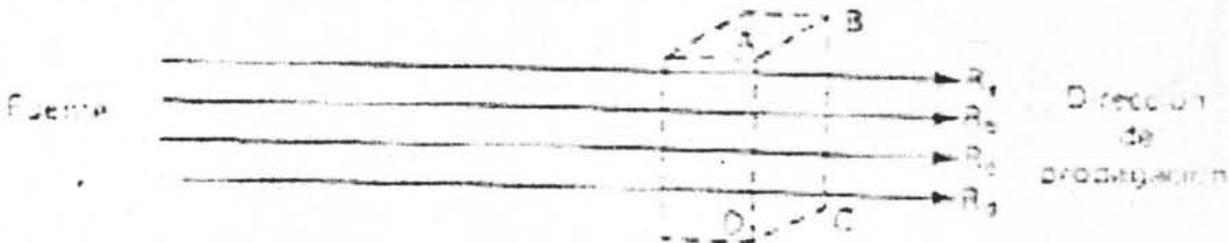


Figura 2.3. frente de onda plano

Una fuente puntual es un punto desde el cual se propagan rayos por igual en todas direcciones, esta característica es propia de una fuente isotrópica también conocida como radiador isotrópico. El frente de onda generado por una fuente isotrópica es una esfera con radio  $R$ , y su centro está en el punto de origen de las ondas, como se muestra en la figura 2.4.

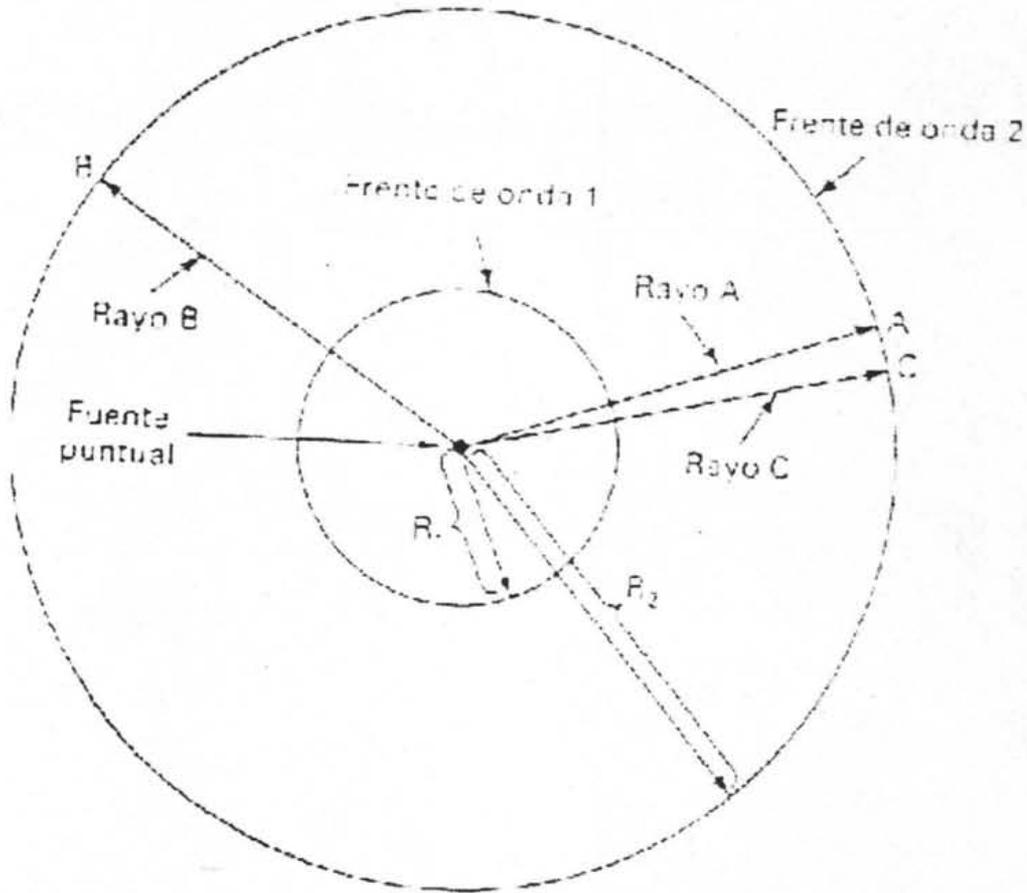


Figura 2.4. Característica de un radiador isotrópico

### 2.1.3. Radiación electromagnética

Las ondas electromagnéticas representan el flujo de energía en la dirección de la propagación. La rapidez con que la energía pasa a través de una superficie dada en el espacio libre se llama *densidad de potencia*. Por lo tanto, la densidad de potencia es la energía por unidad de tiempo y por unidad de área ( $W/m^2$ ). En un radiador isotrópico, la densidad de potencia es igual en todos los puntos.

La intensidad de campo es la intensidad de los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética que se propagan en el espacio libre. La intensidad de campo eléctrico se suele expresar en volts por metro, y la intensidad del campo magnético en amperes por metro.

Las intensidades del campo eléctrico y magnético de una onda electromagnética en el espacio libre se relacionan a través de la impedancia característica del medio. La ecuación de la impedancia característica del espacio libre es:

$$Z_s = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad [\Omega]$$

Donde:

$$Z_S = \text{impedancia característica del espacio libre } [\Omega]$$
$$\mu_0 = \text{permeabilidad magnética del espacio libre } [1.26 \times 10^{-6} \text{ H/m}]$$
$$\epsilon_0 = \text{permitividad eléctrica del espacio libre } [8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}]$$

Al sustituir valores se obtiene:

$$Z_S = 377 \ \Omega$$

#### 2.1.4. Atenuación y absorción

El espacio libre es un medio en el que no se presentan pérdidas de energía al propagarse una onda por él, sin embargo, cuando las ondas se propagan, se dispersan y por tanto se reduce la densidad de potencia: a este fenómeno se le llama atenuación. A medida que un frente de onda se aleja de la fuente, el campo electromagnético que radia la fuente se dispersa, es decir, las ondas se alejan cada vez más entre sí y la cantidad de ondas por unidad de área es menor.

A la reducción de potencia producida por las partículas de la atmósfera se le llama pérdida por absorción. La atmósfera de la Tierra está formada por átomos y moléculas de diversas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas; algunos de estos materiales pueden absorber las ondas electromagnéticas. Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre, y causa atenuación en las intensidades de campo eléctrico y magnético. La absorción depende de la frecuencia de la onda electromagnética y, obviamente, de las condiciones anormales de la atmósfera como pueden ser la lluvia intensa, neblina densa, etc.

#### 2.1.5. Refracción, reflexión y difracción

En la atmósfera, la propagación de las ondas electromagnéticas esta sujeta a efectos ópticos como: refracción, reflexión y difracción. Estos fenómenos pueden analizarse mediante las ecuaciones de Maxwell, aquí sólo se presentan estos conceptos aplicando principios ópticos ya que hacer un análisis más completo sale del alcance de esta tesis.

### **Refracción**

La refracción electromagnética es el cambio de dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con diferente densidad. La velocidad a la que viaja una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace. Siempre que un rayo pasa de un medio menos denso a uno más denso, se dobla hacia la normal; la normal es una línea imaginaria perpendicular a la frontera en el punto de incidencia. Y al contrario, siempre que un rayo pasa de un medio más denso a uno menos denso se dobla alejándose de la normal.

El ángulo de incidencia es el que forman la onda incidente y la normal, y el ángulo de refracción es el que forman la onda refractada y la normal. El índice de refracción es la relación de la velocidad de la luz en el vacío entre la velocidad de la luz en el medio,

$$\eta = \frac{c}{v}$$

$n = \text{índice de refracción} \quad [a \text{ dimensional}]$   
 $c = \text{velocidad de la luz} \quad [3 \times 10^8 \text{ m/s}]$   
 $v = \text{velocidad de la luz} \quad [m/s]$

La forma en que una onda electromagnética reacciona cuando llega a una frontera entre dos medios con distintos índices de refracción se describe con la ley de Snell, que establece que

$$\eta_1 \text{ sen } \theta_1 = \eta_2 \text{ sen } \theta_2$$

Donde:

$\eta_1 = \text{índice de refracción del medio 1}$

$\eta_2 = \text{índice de refracción del medio 2}$

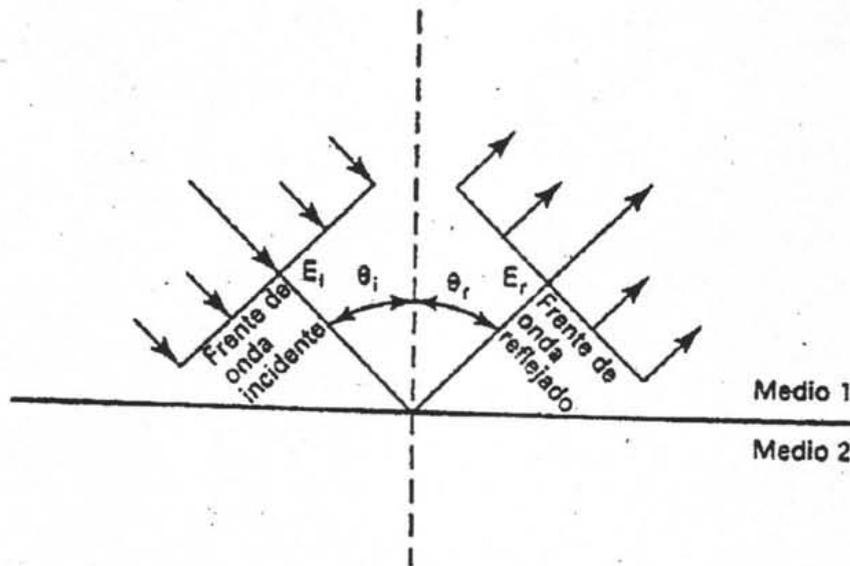
$\theta_1 = \text{ángulo de incidencia} \quad [\text{grados}]$

$\theta_2 = \text{ángulo de refracción} \quad [\text{grados}]$

## Reflexión

La reflexión electromagnética se presenta cuando una onda choca con una frontera, y algo o toda la potencia incidente no entra al segundo medio; la potencia que no logra entrar al segundo medio se refleja. La figura 2.5 muestra la reflexión de una onda electromagnética. Las velocidades de las ondas incidentes y reflejadas son iguales, así como también el ángulo de reflexión y el ángulo de incidencia; sin embargo, la intensidad del campo eléctrico reflejado es menor que la intensidad de campo eléctrico incidente. El coeficiente de onda incidente y onda reflejada se llama VSWR.

También se produce reflexión cuando la superficie reflectora es irregular o áspera; cuando un frente de onda incidente choca con una superficie irregular, se dispersa al azar en muchas direcciones: a esta condición se le llama reflexión difusa.

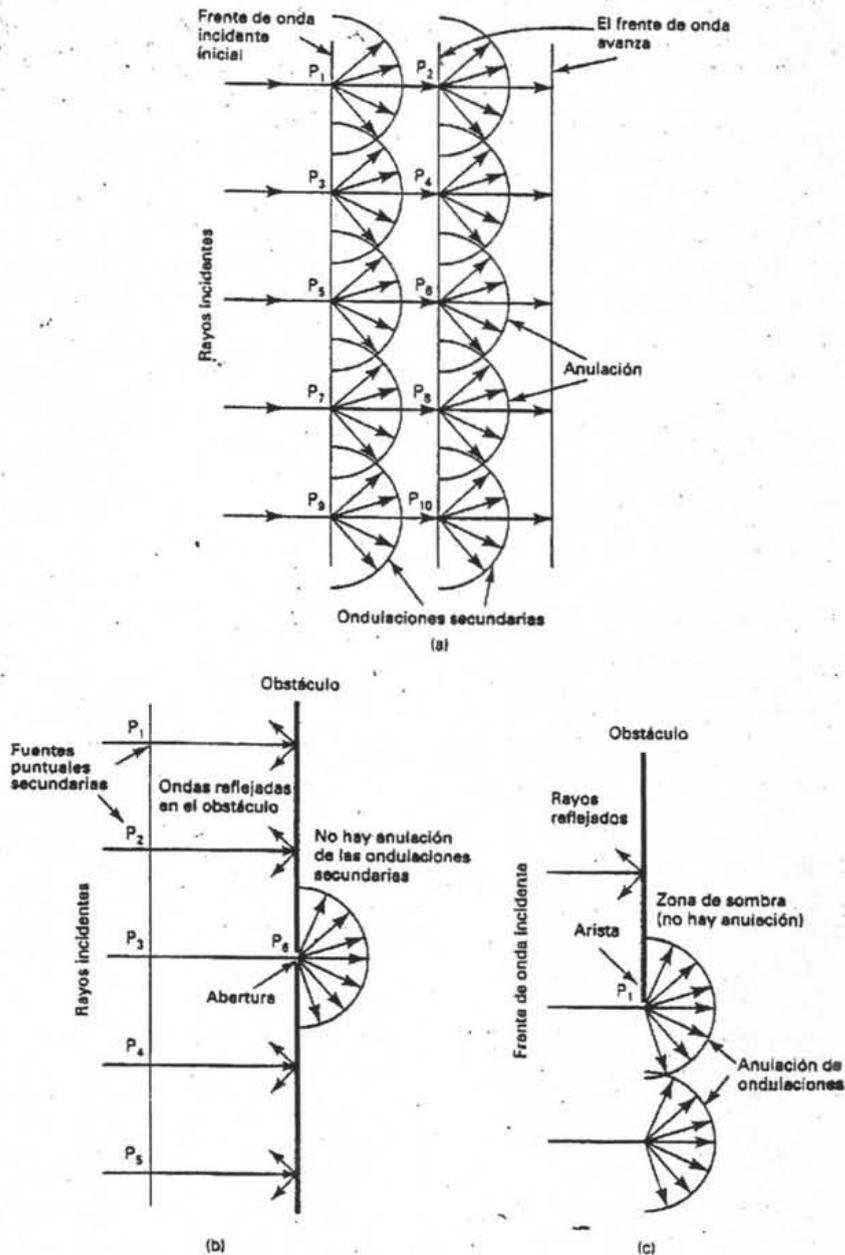


Reflexión electromagnética en una frontera plana entre dos medios

Figura 2.5. Reflexión electromagnética

### Difracción

La difracción es una redistribución de la energía de una onda electromagnética. Su análisis se puede realizar mediante el principio de Huygens quien establece que todo punto sobre determinado frente de onda esférico se puede considerar como una fuente puntual secundaria de ondas electromagnéticas, desde la cual se radia y se alejan otras ondas secundarias. Este principio se ilustra en la figura 2.6. En otras palabras, las reflexiones que sufren los frentes de onda no se originan en un solo punto, sin embargo, si nos referimos a un solo obstáculo que esta entre la trayectoria de un enlace de microondas, y de acuerdo con el principio de Huygens, las ondas secundarias que salen de un punto aparente sobre el frente de onda serán radiadas en todas direcciones desde una multitud de "fuentes puntuales" que están situados sobre el frente de onda primario, en la superficie de obstrucción; a este fenómeno se le llama difracción, el cual se provoca cuando el frente de onda "roza" un obstáculo.



Διφράχι δε λασ ελεκτρομεγνήτικασ: (α) πρίνχιπιο δε Χυγιενσ γυνα εν φροντε δε ονδα πλάνο; (β) φροντε δε ονδα φίνιτα α τρυβέρσ δε να αβέρτυρα; (γ) φροντε δε ονδα ροδεόνδο να αρίστυ.

**Figura 2.6. Difracción de una onda electromagnética**

### 2.1.6. Propagación de las microondas en el espacio libre

Las ondas electromagnéticas pueden propagarse de varias formas, que dependen de la clase del sistema y del ambiente. En general, hay tres formas de propagación: onda terrestre, onda espacial y ondas celestes. La figura 2.7 ilustra los diferentes modos de propagación.

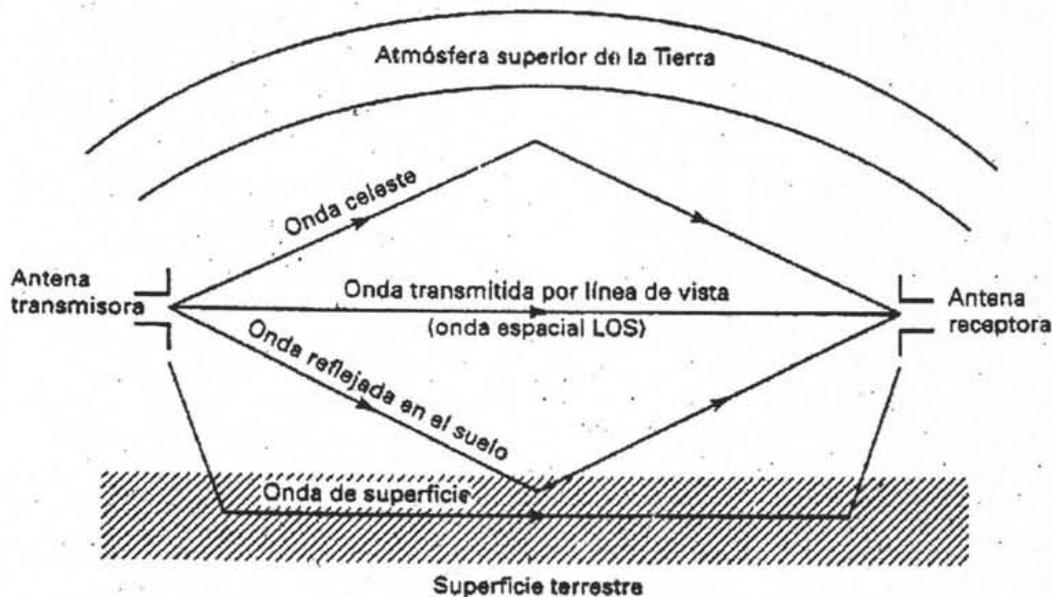
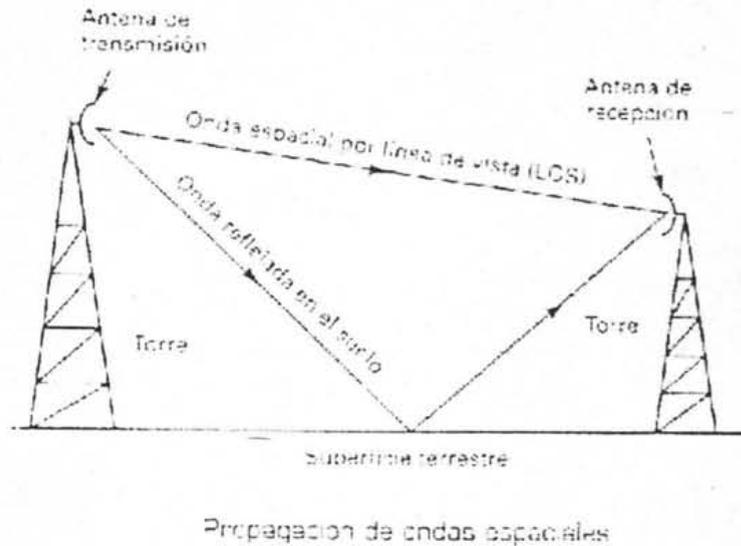


Figura 2.7. Modos en que se propagan las ondas electromagnéticas

La propagación de la energía electromagnética en forma de ondas espaciales es la que viaja en los kilómetros inferiores de la atmósfera. Las ondas espaciales incluyen las ondas directas y las reflejadas en el suelo, como se muestra en la figura 2.8. Las ondas directas viajan en línea recta entre las antenas de transmisión y recepción. La propagación de las ondas espaciales directas se denomina transmisión por línea de vista (LOS "line-of-sight"). Por lo tanto, la propagación por LOS está limitada por la curvatura de la Tierra. Las ondas reflejadas en el suelo son las que refleja la superficie terrestre cuando se propagan entre las antenas emisora y receptora.



**Figura 2.8. Propagación de ondas espaciales**

La curvatura de la Tierra presenta un horizonte en la propagación de las ondas espaciales, que se llama comúnmente *horizonte de radio*. A causa de la refracción atmosférica, el horizonte de radio está más allá del *horizonte óptico* para la atmósfera "estándar". El horizonte de radio se puede alargar sólo con elevar las antenas de transmisión o recepción, o ambas, con torres, sobre montañas o edificios altos. Para una antena de transmisión y otra de recepción, el horizonte visual de radio, es decir, la distancia máxima entre un transmisor y un receptor puede aproximarse con la siguiente ecuación

$$d_{MAX} = 17 h_{Tx} + 17 h_{Rx}$$

Donde:

$d_{MAX}$  = distancia máxima entre transmisor y receptor [Km]

$h_{Tx}$  = altura de la antena transmisora [m]

$h_{Rx}$  = altura de la antena receptora [m]

#### 2.1.7. Pérdidas por el espacio libre

La pérdida por el espacio libre se define como la pérdida sufrida por una onda electromagnética al propagarse en línea recta por un medio, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos. En realidad no se pierde energía; tan solo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente. Por lo tanto, se define mejor ésta pérdida diciendo que es una pérdida por dispersión. La pérdida por el espacio libre se calcula con la siguiente ecuación

$$L_p = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad \text{o} \quad (L_p)_{dB} = 20 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

Donde:

$L_p$  = pérdida por el espacio libre [adimensional]

$d$  = distancia entre antenas [Km]

$\lambda$  = longitud de onda [m]

#### 2.1.8. Desvanecimientos

Hay atenuaciones que se deben normalmente a los cambios atmosféricos y a las reflexiones del trayecto de propagación al encontrar superficies terrestres o acuáticas. La intensidad del desvanecimiento aumenta en general con la frecuencia y la longitud de trayecto. Esta variación en la señal se llama *desvanecimiento* y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como la lluvia, nieve, granizo, a una superficie irregular, etc. Para tener en cuenta el desvanecimiento, se agrega una pérdida adicional de transmisión, a esta pérdida se le denomina *margen de desvanecimiento*. El margen de desvanecimiento también toma en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Para una disponibilidad anual específica en un sistema de comunicaciones no protegido, sin diversidad se tiene la siguiente ecuación

$$F_m = 30 \log d + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

$30 \log d$  = efecto de trayectoria múltiple

$10 \log(6ABf)$  = sensibilidad del terreno

$10 \log(1 - R)$  = confiabilidad

70 = constante

Donde:

$F_m$  = margen de desvanecimiento [dB]

$d$  = distancia entre antenas [Km]

$f$  = frecuencia [GHz]

$R$  = confiabilidad en tanto por uno (es decir, 99.99 % = 0.9999 de confiabilidad). La confiabilidad de un sistema es el porcentaje de probabilidad de que el enlace se mantenga funcionando bajo condiciones adversas.

$A$  = factor de rugosidad (4 sobre agua o terreno liso; 1 terreno promedio; 0.25 terreno áspero y montañoso).

$B$  = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual (1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual; 0.5 para áreas calientes y húmedas; 0.25 para áreas continentales promedio; 0.125 para áreas muy secas o montañosas).

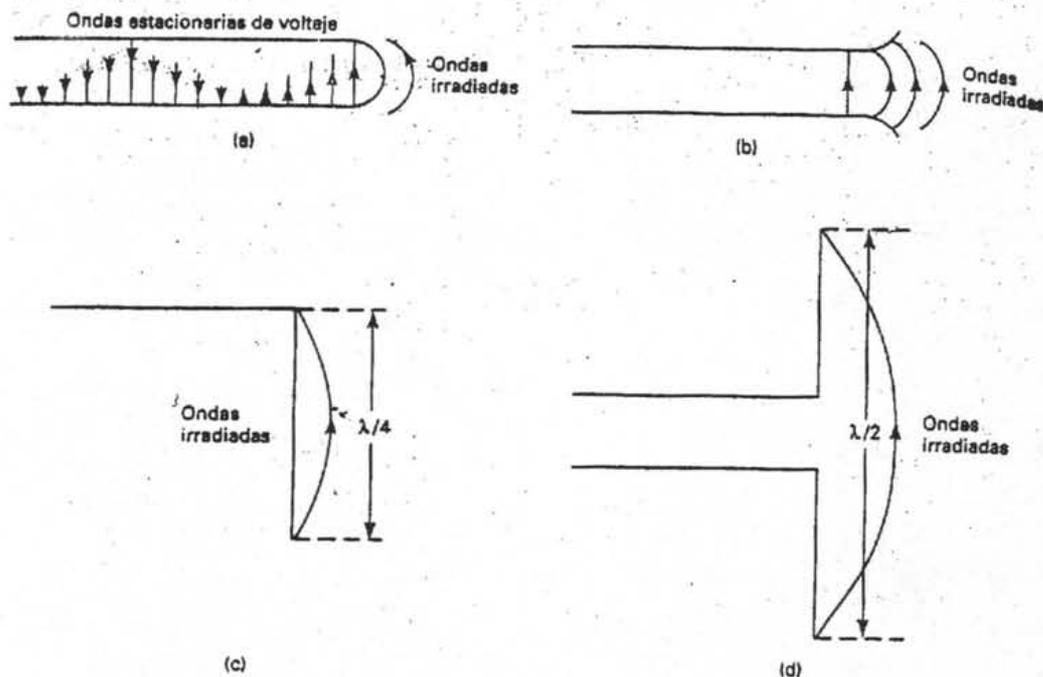
## 2.2. Antenas para microondas

Una antena es un dispositivo capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre. En realidad una antena es un trozo de material conductor al cual se le aplica una señal y ésta es radiada al espacio libre. Las antenas deben dar a la onda una dirección. Las antenas también deben dotar a la onda electromagnética de una polarización. La polarización de una onda es la figura geométrica descrita, al transcurrir el tiempo, por el extremo del vector del campo eléctrico en un punto fijo del espacio en el plano perpendicular a la dirección de propagación. Hay una antena en particular que es de extremo interés en los sistemas de microondas: la antena parabólica.

Las antenas parabólicas tienen como función la radiación o la recepción de ondas electromagnéticas, se identifican por tener un elemento reflector parabólico que concentra la energía en el punto focal, obteniendo así, su característica de transmisión o recepción unidireccional según sea su aplicación.

### 2.2.1. Funcionamiento básico de una antena parabólica

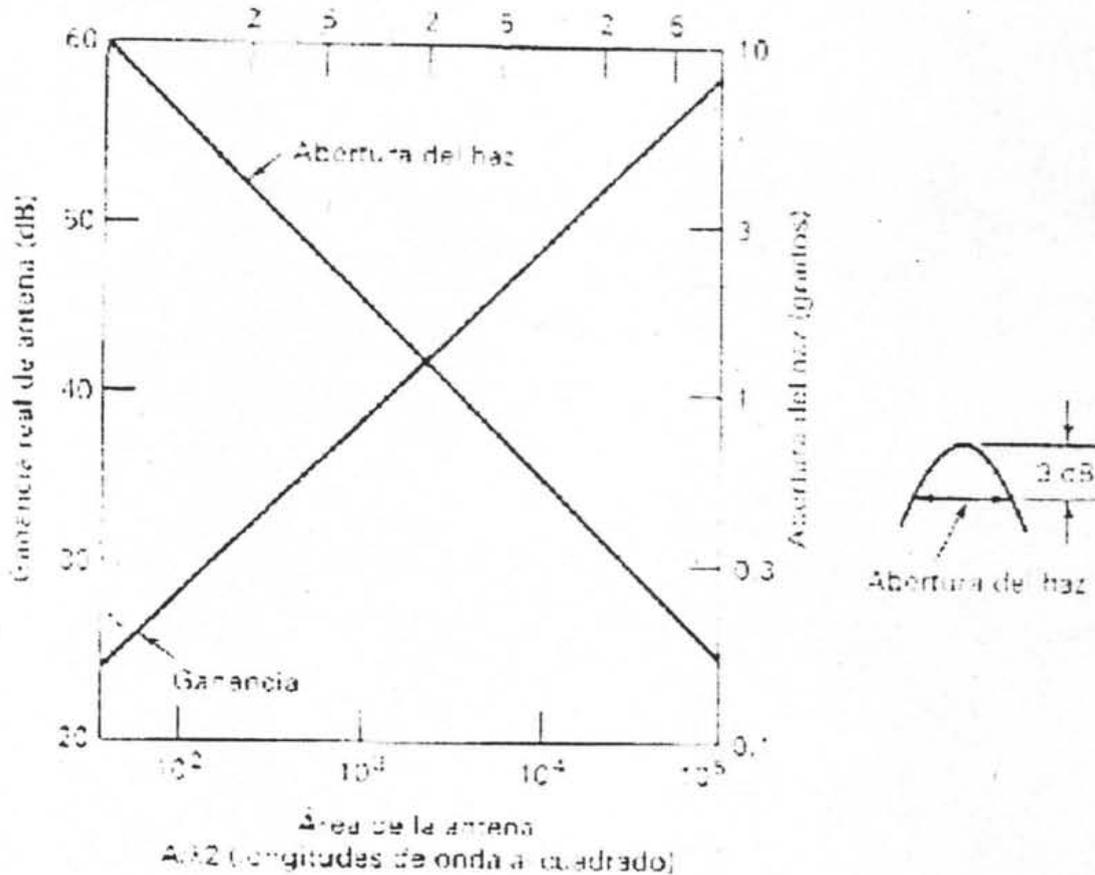
El principio de funcionamiento de una antena se muestra en la figura 2.9. La "línea de transmisión" termina en un circuito abierto, que representa discontinuidad para la onda y tiene la forma de una inversión de fase. Esta inversión de fase hace que se irradie voltaje sin reflejarse hacia la fuente. La energía radiada se propaga alejándose del cable, en forma de ondas electromagnéticas transversales. Para irradiar más energía sólo se apartan entre sí los conductores. A la antena obtenida de este modo se le llama dipolo. Una antena básica es un dispositivo recíproco pasivo, ya que las características y el desempeño de transmisión y de recepción son idénticas, como la ganancia, la directividad, frecuencia de operación, ancho de banda, eficiencia, etc.



Radiación de una línea de transmisión: (a) radiación de línea de transmisión; (b) conductores divergentes; (c) antena de Marconi; (d) antena de Hertz.

Figura 2. 9. Principio de funcionamiento de una antena

Las antenas para microondas deben ser muy directivas. Una antena tiene ganancia por que concentra la potencia irradiada en un haz delgado; es decir, la abertura del haz disminuye al aumentar la ganancia de la antena. La relación entre el área, la ganancia y el ancho de banda de una antena de muestra en la figura 2.10.



Nota: La abscisa es el área real de la antena, y la ganancia real de la antena se toma como 3 dB menor que la teórica.

Relación entre la ganancia de potencia y la abertura del haz de una antena

Figura 2.10. Relación de ganancia y abertura del haz de una antena

Las antenas de reflector parabólico proporcionan ganancias y directividades extremadamente altas, y son muy usadas en los enlaces de comunicaciones terrestres y satelitales. Una antena parabólica consiste en dos componentes principales: un reflector parabólico y un elemento activo, llamado alimentador. El alimentador es en sí una antena primaria que normalmente es un dipolo o una red de dipolos; la antena irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo, que sólo refleja la energía que le llega del mecanismo de alimentación. La reflexión produce una emisión muy concentrada, por tanto altamente direccional y tienen un frente de onda en fase.

## Reflectores parabólicos.

El reflector es el componente más importante de una antena parabólica. Los reflectores parabólicos obedecen a la geometría de una parábola (y, obviamente a un paraboloide de revolución). Una parábola es una curva en el plano que se describe matemáticamente como  $y = ax^2$ , y que se define como el lugar geométrico de un punto que se mueve de tal forma que su distancia a otro punto llamado foco, sumada a su distancia a una recta llamada directriz es una longitud constante. La figura 2.11 muestra la geometría de una parábola cuyo foco esta en el punto F y cuyo eje es la recta XY y donde:

$$FA + AA' = FB + BB' = FC + CC' = k \text{ (longitud constante)}$$

FX = distancia focal de la parábola (metros)

WZ = longitud de la directriz (metros)

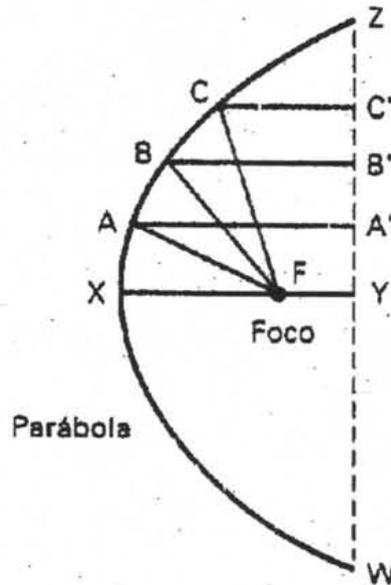


Figura 2. 11. Geometría de una antena parabólica

Un reflector parabólico se obtiene al girar la parábola en torno al eje XY. El plato de la superficie curva que resulta se llama paraboloide. La relación de la distancia focal al diámetro de la parábola (FX/WZ) se llama *relación de abertura* o *abertura de la parábola*.

Una antena parabólica es "iluminada" por la energía electromagnética procedente del alimentador ubicado en el foco. Si la energía se irradia del foco hacia el reflector, entonces todas las ondas irradiadas recorrerán la misma distancia cuando lleguen a la directriz (la recta WZ). Por lo tanto, la radiación se concentra a lo largo del eje XY. Un reflector parabólico en la recepción funciona exactamente igual. A esta propiedad se le conoce como *reciprocidad*.

### 2.2.2. Diagrama de radiaci3n

Un diagrama de radiaci3n es una grafica que representa intensidades de campo el3ctrico o densidades de potencia en diversas posiciones angulares en relaci3n con una antena. Si la grafica se traza en t3rminos de intensidad del campo el3ctrico (E) o de densidad de potencia (P) se llama grafica absoluta, es decir, distancia variable y potencia fija; si se grafica intensidad de campo el3ctrico o densidad de potencia con respecto al valor en alg3n punto de referencia, se llama grafica de radiaci3n relativa, es decir, potencia variable y distancia fija. La figura 2.12 muestra el diagrama de radiaci3n para una antena parab3lica t3pica de microondas, se puede observar que la antena no irradia toda la energa electromagn3tica en la direcci3n del l3bulo principal; algo de esa energa se concentra en los l3bulos laterales y en los l3bulos posteriores, debido a los l3mites de la antena. La ganancia dentro del l3bulo principal es, aproximadamente, unos 75 dB mayor que en el l3bulo posterior, y casi 65 dB m3s que la ganancia m3xima del l3bulo lateral.

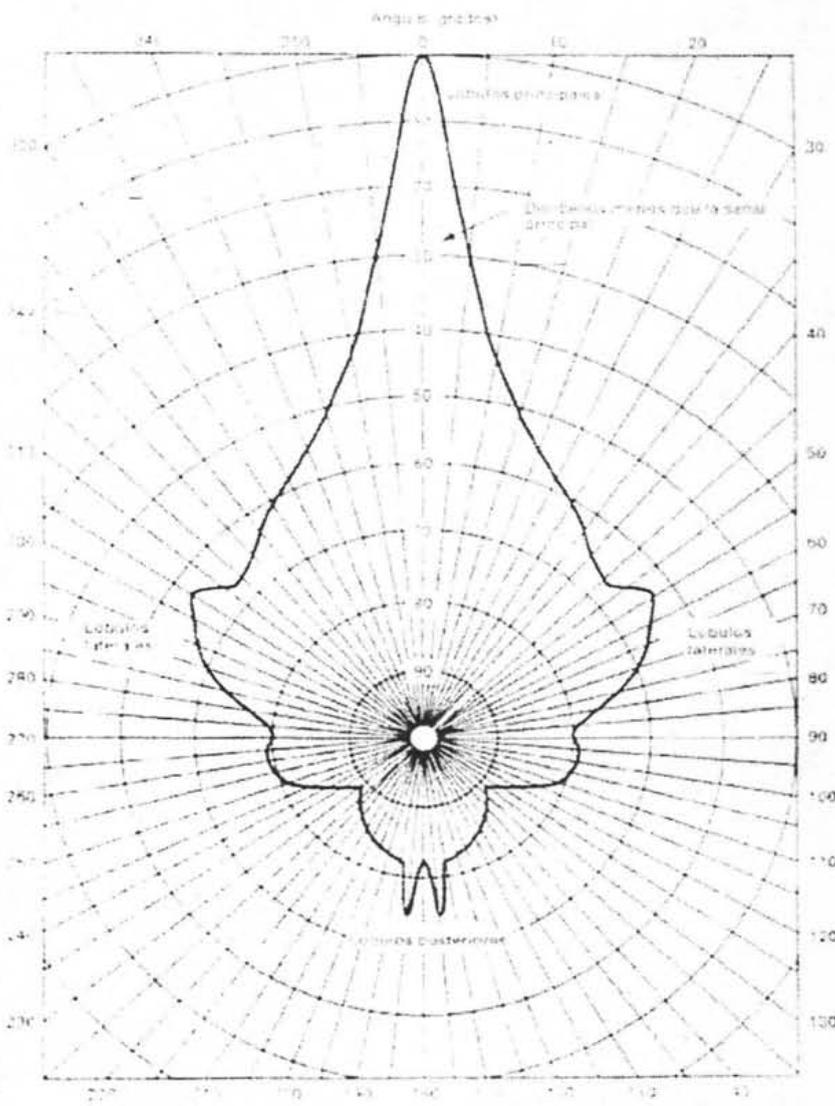


Figura 2. 12. Diagrama de radiaci3n de una antena parab3lica t3pica

### 2.2.3. Ganancia de potencia de una antena parabólica

La ganancia de potencia para una antena parabólica se obtiene con la siguiente ecuación

$$(G_{Tx})_{dB} = 10 \log \left[ \eta \left( \frac{\pi D f}{c} \right)^2 \right]$$

Donde:

$\eta$  = eficiencia

$D$  = diámetro de la antena

$f$  = frecuencia de transmisión

$c$  = velocidad de la luz

### 2.2.4. Abertura del haz de la antena

La radiación procedente de un reflector parabólico tiene un lóbulo principal en la dirección del eje del paraboloide. La apertura aproximada del haz a -3 dB en grados es

$$\theta = \frac{70 c}{D f}$$

Donde:

$\theta$  = apertura del haz entre puntos a mitad de la potencia [grados]

$c$  = velocidad de la luz  $\left[ \frac{m}{s} \right]$

$D$  = diámetro de la antena [m]

$f$  = frecuencia [Hz]

### 2.2.5. Eficiencia de una antena parabólica

La capacidad de reflexión de un plato parabólico se ve afectada por varios factores: absorción de la propia superficie del plato; la energía cercana a las orillas del plato no se refleja, sino que se refracta. Por estas razones, el paraboloide únicamente refleja entre el 50 y el 75% de la energía que emite el alimentador. La eficiencia normal de una antena parabólica es de aproximadamente de 55% ( $\eta = 0.55$ )

### 2.2.6. Alimentadores

El alimentador en una antena es el elemento que irradia la energía electromagnética, y por eso se la conoce también como antena primaria. Hay tres tipos principales de antenas parabólicas:

- **Alimentación central:** la figura 2.13 muestra un diagrama de un reflector alimentado en el centro, con un reflector esférico adicional. La antena primaria se coloca en el foco. La energía que no se refleja en el plato se reparte en todas direcciones, y tiene la tendencia a

perturbar la distribución general de la radiación. El reflector esférico redirige esas emisiones hacia el reflector parabólico, donde se vuelven a reflejar en la dirección correcta. Su eficiencia es solo un poco mejor que cuando no se agrega el reflector esférico.

- **Alimentación por bocina:** la figura 2.14 muestra el diagrama de un reflector parabólico que usa alimentación por bocina, también conocido como *cuerno*. La antena primaria es una antena pequeña cónica, o de embudo. La bocina es un material abocardado de guías de ondas, que se coloca en el foco e irradia la energía hacia el reflector parabólico. Cuando la energía electromagnética llega a la boca del cuerno, ésta continua propagándose en la misma dirección general y al mismo tiempo se reparte en dirección lateral y el frente de onda se hace esférico.
- **Alimentación de Cassegrain:** la figura 2.15 muestra la geometría de un mecanismo de alimentación de Cassegrain. La fuente primaria de radiación está justo atrás de una pequeña abertura en el vértice del paraboloide, y no en el foco. La antena primaria se apunta hacia un pequeño reflector secundario que está entre el vértice y el foco. Los rayos emitidos por la antena primaria se reflejan en el subreflector de Cassegrain y después "iluminan" el plato parabólico principal, como si se hubieran originado en el foco. El subreflector debe tener curvatura hiperbólica para reflejar los rayos de la antena primaria de tal forma que funcione como una fuente virtual en el foco.

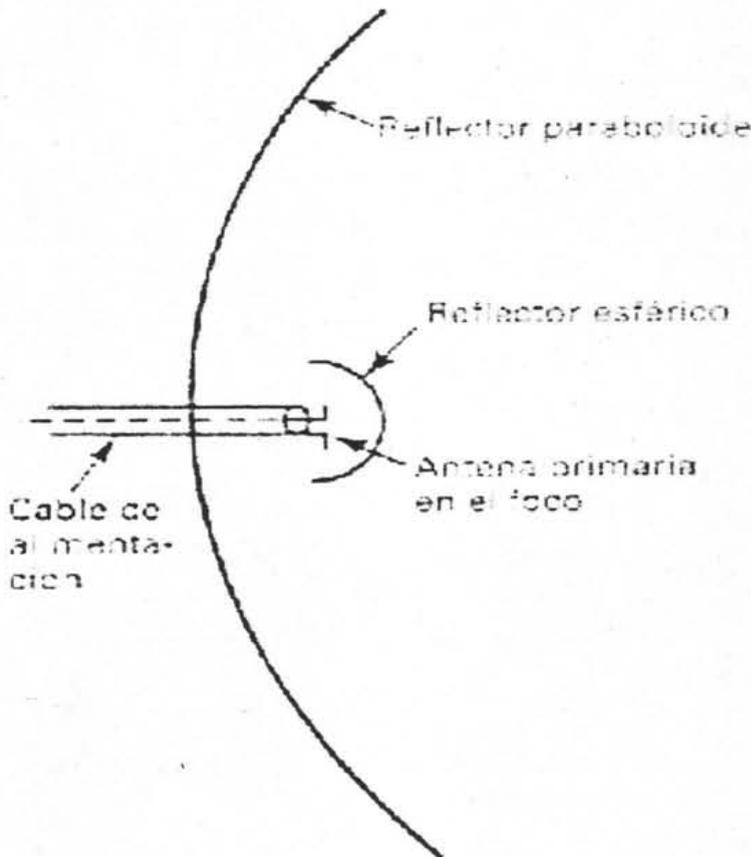


Figura 2. 13. Alimentador central

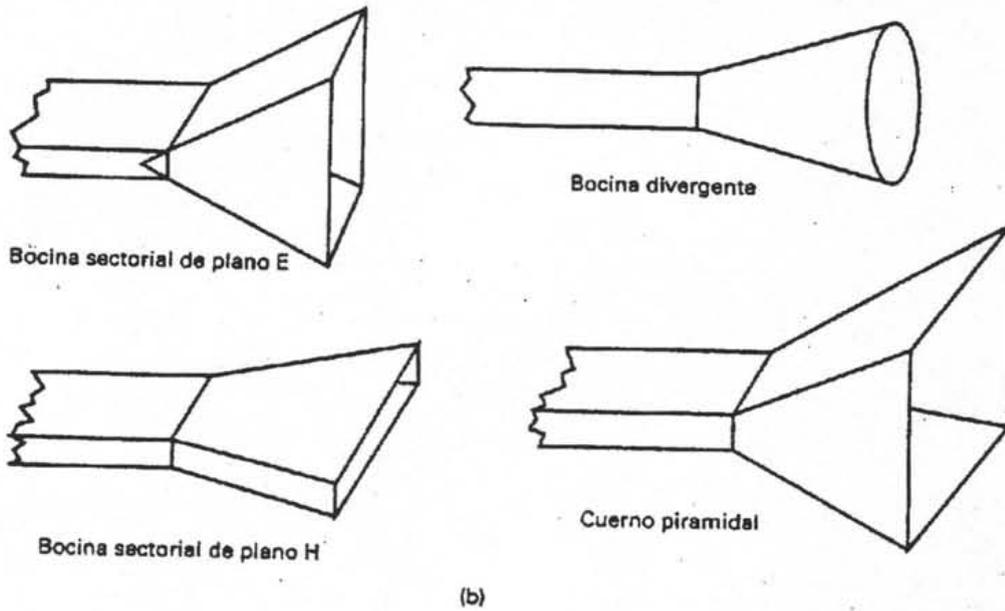
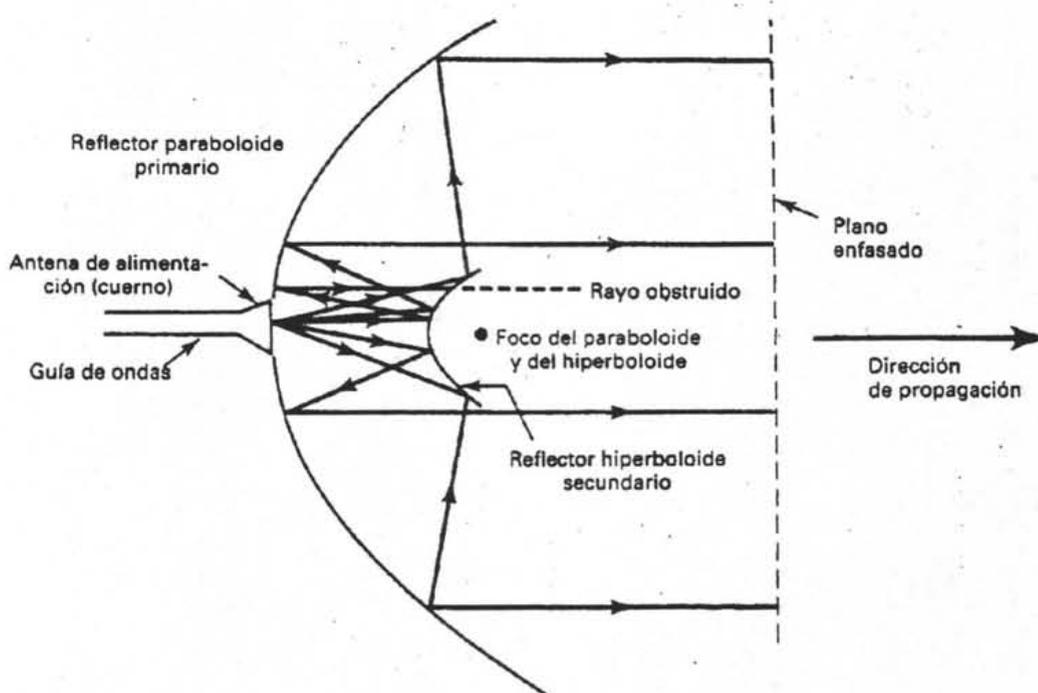


Figura 2. 14. Alimentadores de bocina



Antena parabólica con alimentación de Cassegrain

Figura 2. 15. alimentador Cassegrain

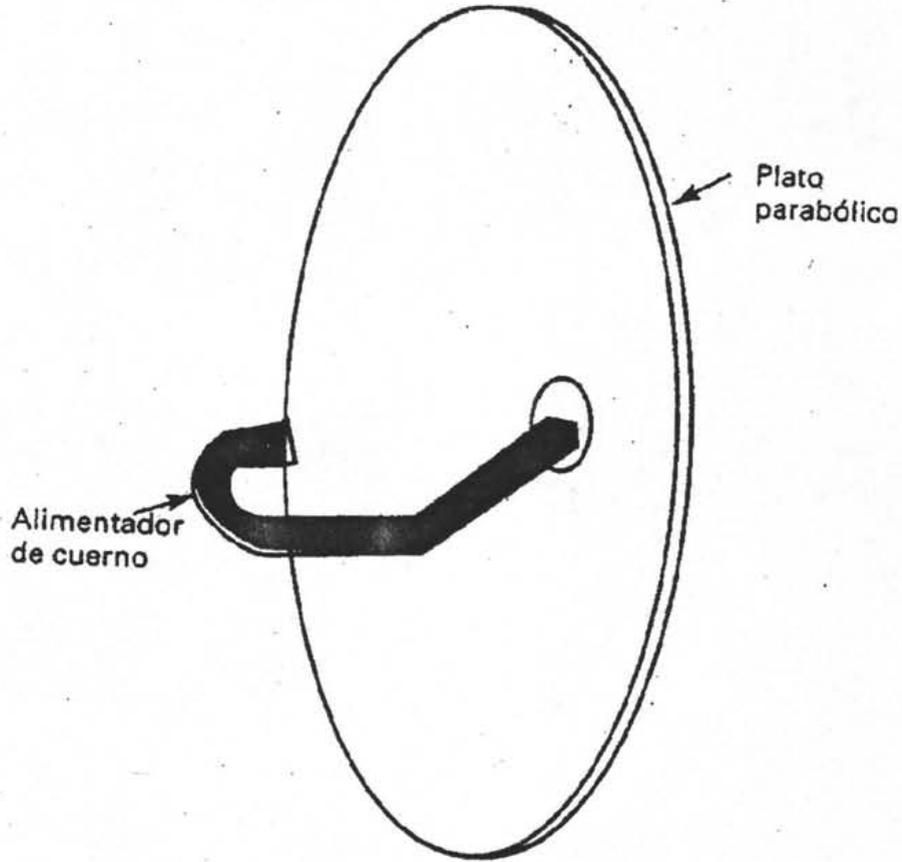
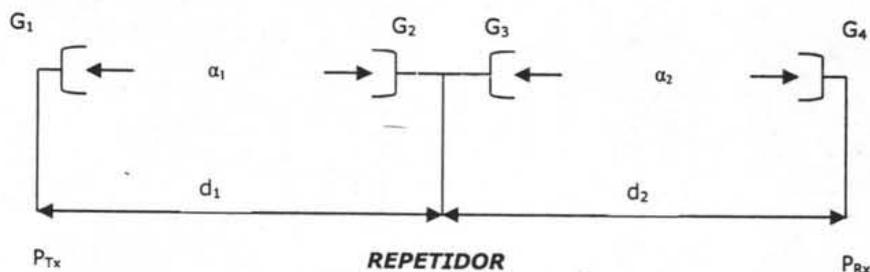


Figura 2. 16. Alimentador de cuerno

### 2.3. Enlace de microondas terrestres

#### Consideraciones generales para un enlace terrestre

La ganancia de un sistema de microondas es la diferencia entre la potencia nominal de salida de un transmisor y la potencia de entrada mínima requerida por un receptor. La ganancia del sistema debe ser mayor que la suma de todas las pérdidas netas del sistema. La ganancia es utilizada para realizar un enlace de microondas terrestres, la ecuación que rige un enlace, como se ilustra en la figura 2.17, es la siguiente:



DONDE:

$$P_{Rx} = P_{Tx} - \sum \alpha + \sum G$$

$P_{Tx}$  = potencia de transmisor  
 $P_{Rx}$  = potencia de recepción  
 $\alpha$  = pérdidas del sistema  
 $G$  = ganancias del sistema

Figura 2. 17. Enlace típico de microondas terrestres

Las pérdidas pueden ser:

- $L_p$  = pérdida por el espacio libre
- $F_M$  = margen de desvanecimiento
- Por apuntamiento = debidas a un posible error en el apuntamiento de las antenas, se considera de 0.3 dB.
- Por polarizador = el polarizador montado en la antena podría inducir un error de 0.2 dB.

La relación de portadora a ruido (C/N) es el parámetro más importante que se considera al evaluar el funcionamiento de un sistema de comunicaciones por microondas. La potencia mínima de la portadora ( $C_{MIN}$ ) que entra a un receptor se la llama *umbral de recepción*. Este umbral depende del ruido presente en el sistema (kTB), es decir, el ruido térmico y se utiliza para cálculos en los cuales los procesos térmicos liberan energía.

Para un enlace debemos tener presentes los datos de la señal a transmitir, tales como:

- Velocidad de transmisión [ $V_T = 1/f_b$  ; kbps]
- Modulación [BPSK, QPSK, QAM,...]
- Roll-off [ $\approx 14\%$ ]
- FEC [1/2, 3/4,...]
- BER [ $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,...]
- Factor de modulación [BPSK = 1; QPSK = 1/2; QAM = 1/3,...]
- Ancho de banda

### 2.3.1. Altura de las antenas

Hay varios factores que influyen en la altura de las antenas: características del terreno (montañas, lagos, etc.), ASNM (altura sobre el nivel del mar), las zonas de Fresnel, el factor de difracción entre los más importantes.

#### **Factor de difracción.**

Para efectuar cálculos prácticos de propagación, es necesario modificar el radio de la Tierra para obtener trayectorias "rectas". Para realizar este ajuste es preciso multiplicar el radio de la Tierra por un factor "k", llamado de difracción, que depende de la razón de cambio del índice de refracción de la atmósfera con respecto a la altura. Para condiciones normales de la atmósfera,  $k = 4/3$ , sin embargo, para obtener mayor confiabilidad en el sistema, se debe considerar el peor de los casos para  $k (= 2/3)$  y así determinar las alturas de las antenas. La corrección de la trayectoria del haz a causa de la curvatura de la Tierra se hace mediante la siguiente ecuación:

$$h\left(\frac{2}{3}\right) = 0.1177 d_1 d_2 \quad [m]$$

$d_1$  = distancia del transmisor a  
obstáculo considerado en Km.  
 $d_2$  = distancia del obstáculo  
considerado al receptor en Km.

#### **Zonas de Fresnel.**

Son zonas en las cuales la señal puede sufrir un cambio de fase después de rebotar en la superficie. Pueden entenderse como una infinidad de círculos concéntricos en cuyo centro se encuentra la trayectoria directa. Para determinar el radio de la enésima zona de Fresnel se usa la siguiente ecuación:

$$r_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad [m]$$

$r_n$  = radio de la enésima zona de Fresnel [m]  
 $n$  = enésima zona de Fresnel  
 $\lambda$  = longitud de onda [m]  
 $d_1$  = distancia del transmisor al obstáculo  
considerado [m]  
 $d_2$  = distancia del obstáculo considerado al  
receptor [m]

Para el análisis practico, basta con determinar el radio de la primera zona de Fresnel con la siguiente ecuación:

$$r_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad [m]$$

La corrección para librar el mayor obstáculo es:

$$\eta r_1 = 0.3 r_1 \quad [m]$$

$\eta$  = factor para librar el mayor obstáculo  
 $r_1$  = radio de la primera zona de Fresnel

Este valor son los metros que hay que sumar a la altura de las antenas. La altura total de las antenas es:

$$h_p = ASNM_p + h\left(\frac{2}{3}\right) + \eta r_1 \quad [m]$$

$$h_A = h_p - ASNM_A \quad [m]$$

$$h_B = h_p - ASNM_B \quad [m]$$

$h_p$  = altura del mayor obstáculo [m]  
 $ASNM_p$  = altura sobre el nivel del mar del obstáculo p [m]  
 $h(2/3)$  = factor de difracción [m]  
 $\eta r_1$  = factor para librar el mayor obstáculo  
 $ASNM_A$  = altura sobre el nivel del mar del sitio A [m]  
 $ASNM_B$  = altura sobre el nivel del mar del sitio B [m]  
 $h_A$  = altura de la antena del sitio A [m]  
 $h_B$  = altura de la antena del sitio B [m]

Hay que tener en cuenta que el obstáculo mas alto es el que interfiere mas, por lo tanto se debe calcular el  $h(2/3)$  de cada obstáculo y el valor de la primera zona de Fresnel en cada obstáculo.

### 2.3.2. Relación portadora-ruido

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{\text{energía por bit}}{\text{densidad de ruido}} = \frac{P_b T_b}{kT} = \frac{C T_b B}{N} = \frac{C}{N} \frac{B}{f_b}$$

$$\therefore \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} = \left(\frac{C}{N}\right)_{dB} + \left(\frac{B}{f_b}\right)_{dB} \Rightarrow \left(\frac{C}{N}\right)_{dB} = \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} - \left(\frac{B}{f_b}\right)_{dB}$$

Donde:

$C = P_b$  = potencia de la portadora

$T_b = 1/VT = 1/f_b$  = tiempo de duración de un bit

$N$  = potencia de ruido

$K$  = constante de Boltzmann

$T$  = temperatura de ruido

$B$  = ancho de banda

*Hey you, out there in the cold  
Getting lonely, getting old  
Can you feel me?  
Hey you, standing in the aisles  
With itchy feet and fading smiles  
Can you feel me?  
Hey you, dont help them to bury the light  
Don't give in without a fight.*

*Hey you, out there on your own  
Sitting naked by the phone  
Would you touch me?  
Hey you, with you ear against the wall  
Waiting for someone to call out  
Would you touch me?  
Hey you, would you help me to carry the stone?  
Open your heart I'm coming home.*

*But it was only fantasy.  
The wall was too high,  
As you can see.  
No matter how he tried,  
He could not break free.  
And the worms ate into his brain.*

*Hey you, standing in the road  
always doing what you're told,  
Can you help me?  
Hey you, out there beyond the wall,  
Breaking bottles in the hall,  
Can you help me?  
Hey you, don't tell me there's no hope at all  
Together we stand, divided we fall.*

### 3. Capitulo III. Situación actual de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones de PEMEX.

#### 3.1. Misión de PEMEX

PEMEX es la empresa más grande de México y una de las diez más grandes del mundo, tanto en términos de activos como de ingresos. Con base en el nivel de reservas y su capacidad de extracción y refinación, se encuentra entre las cinco compañías petroleras más importantes en el ámbito mundial.

Las actividades de PEMEX abarcan la exploración y explotación de hidrocarburos, así como la producción, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos. En virtud de que de conformidad con la legislación mexicana estas actividades corresponden en exclusiva al Estado, PEMEX es un organismo público descentralizado. El propósito de PEMEX es aprovechar racionalmente los hidrocarburos y sus componentes para contribuir al desarrollo sustentable del país.

#### Organismos subsidiarios de PEMEX

PEMEX opera por conducto de un corporativo y cuatro organismos subsidiarios:

- **Petróleos Mexicanos (Corporativo):** es el responsable de la conducción central y de la dirección estratégica de la industria petrolera estatal, y de asegurar su integridad y unidad de acción.
- **PEMEX Exploración y Producción:** tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.
- **PEMEX Refinación:** produce, distribuye y comercializa combustibles y demás productos petrolíferos. Las funciones básicas de PEMEX Refinación son los procesos industriales de refinación, elaboración de productos petrolíferos y derivados del petróleo, su distribución, almacenamiento y venta de primera mano. La Subdirección Comercial de PEMEX Refinación realiza la planeación, administración y control de la red comercial, así como la suscripción de contratos con inversionistas privados mexicanos para el establecimiento y operación de las Estaciones de Servicio integrantes de la Franquicia PEMEX para atender el mercado al menudeo de combustibles automotores.
- **PEMEX Gas y Petroquímica Básica:** procesa el gas natural y los líquidos del gas natural; distribuye y comercializa gas natural y gas LP; y produce y comercializa productos petroquímicos básicos.

Dentro de la cadena del petróleo, PEMEX Gas ocupa una posición estratégica, al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos.

- **PEMEX Petroquímica:** a través de sus siete empresas filiales (Petroquímica Camargo, Petroquímica Cangrejera, Petroquímica Cosoleacaque, Petroquímica Escolín, Petroquímica Morelos, Petroquímica Pajaritos y Petroquímica Tula) elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios.

PEMEX Petroquímica elabora, comercializa y distribuye productos para satisfacer la demanda del mercado a través de sus empresas filiales y centros de trabajo. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano, propano y naftas de Petróleos Mexicanos. PEMEX Petroquímica guarda una estrecha relación comercial con empresas privadas

nacionales dedicadas a la elaboración de fertilizantes, plásticos, fibras y hules sintéticos, fármacos, refrigerantes, aditivos, etc.

- **P.M.I. Comercio Internacional:** realiza las actividades de comercio exterior de Petróleos Mexicanos.

PMI Comercio Internacional, S.A. de C.V. surgió en el año de 1989, producto de la estrategia comercial de Petróleos Mexicanos (PEMEX) para competir en el mercado internacional de petróleo y productos derivados; con autonomía patrimonial, técnica y administrativa. Entidad constituida bajo el régimen de empresa de participación estatal mayoritaria, de control presupuestal indirecto que opera a través de recursos propios.

Estableciendo dentro de sus objetivos y metas, el asegurar la colocación en el mercado exterior de las exportaciones de petróleo crudo de PEMEX; así como, proporcionar servicios comerciales y administrativos a empresas del Grupo PEMEX que realizan actividades relacionadas al comercio de hidrocarburos.

### 3.2. Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones [GIT]

#### **Misión de la GIT**

Servir completamente las necesidades de comunicación de voz, datos e imágenes de PEMEX; proporcionar a PEMEX otros servicios técnicos especializados, participar en el desarrollo de las telecomunicaciones a nivel nacional en el mejor interés de PEMEX y del Gobierno Mexicano.

#### **Historia de la GIT**

Las telecomunicaciones han estado vinculadas a la industria petrolera mexicana desde la época de las compañías extranjeras, manteniéndose dicho vínculo durante la expropiación petrolera y hasta la época actual. Los primeros registros que se tienen del empleo de las telecomunicaciones en Petróleos Mexicanos, llevan la fecha de abril de 1938, y se refieren al establecimiento del primer enlace de radiocomunicación por altas frecuencias, que proporcionó servicios de telegrafía y radiotelefonía entre México DF. Poza Rica y Bella Vista, Ver.

Desde entonces la Institución contaba con personal dedicado a esta actividad ubicado en el Departamento de Radio de la Unidad de Servicios Administrativos. Por otra parte, en la entonces Gerencia de Explotación un grupo de profesionales de la Ingeniería en comunicaciones y electrónica, comenzó a resolver los problemas de telecomunicación existentes mediante la aplicación de tecnología de punta, con mayor éxito en cuanto a la aceptación de sus bondades por parte de los usuarios principales del servicio.

Pronto las autoridades comenzaron a notar diferencias en los dos tipos de servicio, duplicidades e incompatibilidades que daban lugar a situaciones conflictivas. Por lo tanto para aprovechar mejor los recursos de la Institución, dar el mejor servicio, unificar criterios y resolver la problemática que se planteaba, el 7 de mayo de 1953, se constituyó una Comisión de Telecomunicaciones que planteó los primeros esquemas de Organización de las Telecomunicaciones en Petróleos Mexicanos. El grupo de radio decidió conservar su tecnología, mientras que los directivos de la rama de explotación siguieron otra estrategia, aprovechar las bondades de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones y mantenerse actualizados, empleando siempre lo mejor en beneficio de la Institución. De esta manera, en 1955 se había constituido de manera informal un grupo de trabajo responsable del desarrollo de las telecomunicaciones en PEMEX, perteneciente a la Gerencia de Explotación, que comenzó a extender sus servicios en todas las dependencias de PEMEX.

Por abril de 1963, operando como parte de la sección de electromecánica, de la Superintendencia General de Construcción, Mantenimiento y Servicios Auxiliares, de la Subgerencia de Plantas y Transporte, de la Gerencia de Explotación, el grupo, que en promedio estaba constituido por 275 personas, ubicadas ya en los principales centros de trabajo de Petróleos Mexicanos, se consideraba como la Sección de Telecomunicaciones.

Por otra parte, diversas unidades de la Institución tenían sus propias instalaciones y atendían los servicios de telefonía. Las telecomunicaciones fueron comprendidas de manera integral, bajo el enfoque de sistemas y comenzaron a abordarse los temas de compatibilidad, interfaces, acoplamientos, que requerían de una gestión centralizada. Por otra parte la automatización de los sistemas industriales comenzaba a hacer uso intensivo de la tecnología de las telecomunicaciones.

La alta dirección vio en las telecomunicaciones un recurso estratégico, que debería ser gestionado de manera integral, razón por la que en el año de 1967 culminaron los esfuerzos de reestructuración de dicho recurso con la autorización del Departamento de Ingeniería de Telecomunicaciones, ubicándolo como dependencia de la Subdirección Técnica Administrativa. Esta nueva dependencia de la Institución fue consolidándose, creciendo y progresando, de tal manera que en diciembre de 1974 se convirtió en el Departamento Central de Ingeniería de Telecomunicaciones. A partir de entonces, la Organización de la Unidad de Telecomunicaciones de la Institución ha venido evolucionando impulsada por los cambios en la tecnología, las necesidades de sus clientes, la regulación oficial y la estrategia de la alta dirección. Así mismo, en función de este devenir, su ubicación en el organigrama de Petróleos Mexicanos ha variado siguiendo la estrategia Institucional.

El 14 de octubre de 1976, para hacer frente a la problemática derivada de la política sindical, la Unidad de Telecomunicaciones fue reestructurada. En este evento se reforzaron los diversos centros de trabajo de la dependencia y en los 13 más importantes, se instituyeron las denominadas Jefaturas de Área de Telecomunicaciones, controladas técnica y administrativamente por el Departamento Central de Telecomunicaciones.

Fue en 1980, cuando derivada de las presiones del "boom petrolero" se hizo necesaria la creación de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones, dependiente de la Subdirección de Explotación. Posteriormente, a fines del año de 1982, la ya Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones quedó adscrita nuevamente a la Subdirección Técnica Administrativa. El 8 de enero de 1991, debido al impulso de la corriente de modernización de la Industria Petrolera, se autorizó en forma preliminar la macro estructura de una nueva organización funcional. Con ello se aprobó la integración de la estructura básica correspondiente, constituida por seis unidades corporativas en Oficinas Centrales y siete unidades de zona en el ámbito regional.

En 1992, con la creación de los organismos subsidiarios de la Institución, la Subdirección Técnica Administrativa se constituyó en la Dirección Corporativa de Administración y dependiendo de ésta quedó ubicada la Subdirección de Servicios Corporativos, a la cual quedó adscrita en forma directa la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones. El 27 de julio de 1993, la Dirección Corporativa de Administración autorizó la estructura básica que de manera preliminar había estado funcionando. Posteriormente, en 1994, con la aprobación del Manual de Organización de la Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones, plasmar los elementos principales para la integración de la estructura.

En 1999 fue autorizada la modificación de la micro estructura de la Gerencia incorporando el concepto de Líneas de Negocios en el nivel central y regional. En julio del 2000, fue autorizado el proyecto de reestructuración GIT-2000, con el cual se llevó a cabo la integración de las Unidades Empresariales y Superintendencias de Ingeniería de Telecomunicaciones, así como el fortalecimiento de los procesos de comunicación y atención a clientes, con el objeto de orientarla a las mejores prácticas en materia de atención al cliente, sustentarla en procesos y lograr horizontalidad en su diseño.

## **Estructura de la GIT**

La GIT se organiza por zonas geográficas como se muestra a continuación:

- ✓ **UIT Zona Occidente.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. Bertario Ortiz Hernández; los centros de trabajo integrados en esta zona son:
  - Rosarito, BC.
  - Guaymas, Son.
  - Topolobampo, Sin.
  - Manzanillo, Col.
  - Mazatlán, Sin.
  - Guadalajara, Jal.
  - Lázaro Cárdenas, Mich.
  - San Luis Potosí, SLP.
  - Salamanca, Gto.
  - Querétaro, Qro.
  - Cadereyta, Nvo. León.
  - Monterrey, Nvo. León.
  - Torreón, Coah.
  - Monclova, Coah.
  
- ✓ **UIT Zona Oriente.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. Luis Manuel Ortigoza Pérez; los centros de trabajo integrados en esta zona son:
  - Poza Rica, Ver.
  - Boca del Río, Ver.
  - Tuxpan, Ver.
  - Catalina, Pue.
  - Cd. Madero, Tamps.
  - Altamira, Tamps.
  - Tampico, Tamps.
  - Cerro Azul, Ver.

- Campo Tamaulipas, Ver.
- Naranjos, Ver.
- Red de Distribución de Gas Valle de México (Siete Maravillas)
- Reynosa, Tamps.

✓ **UIT Zona Centro.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. Jorge Molina García; los centros de trabajo integrados en esta zona son:

- Centro Administrativo
- Departamento local I.T. Azcapotzalco Ex Refinería 18 de marzo
- Hospital C.C.N. Norte Azcapotzalco
- Hospital C. Sur de Alta Especialidad "Picacho"
- Venta de Carpio, Edo. de Méx.
- Cd. Mendoza, Ver.
- San Martín Texmelucan, Pue.
- Tula, Hgo.

✓ **UIT Zona Istmo.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. Arturo Gutiérrez Cabrera; los centros de trabajo integrados en esta zona son:

- Complejo Morelos Pajaritos, Ver.
- Cangrejera, Ver.
- Cosoleacaque, Ver.
- Nanchital, Ver.
- Agua Dulce, Ver.
- El Plan, Ver.
- La Venta, Tab.
- Minatitlan, Ver.
- Salina Cruz, Oax.
- Cuichapa, Ver.
- Coatzacoalcos, Ver.

- ✓ **UIT Zona Sureste.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. Roberto Cabrera Mena; los centros de trabajo integrados en esta zona son:
- Comalcalco, Tab.
  - Villahermosa, Tab.
  - Cd. PEMEX, Tab.
  - Cactus, Chis.
  - Nuevo PEMEX, Tab.
  - Reforma, Chis.
  - Cárdenas, Tab.
- ✓ **UIT Zona Marina.** El responsable de la Unidad de Ingeniería de Telecomunicaciones en esta zona es el Ing. J. Max Joloy; los centros de trabajo integrados en esta zona son:
- Cd. Del Carmen, Camp.
  - Área de Plataformas
  - Dos Bocas, Tab.
  - Mérida, Yuc.

DIRECCION GENERAL  
PETROLEOS MEXICANOS

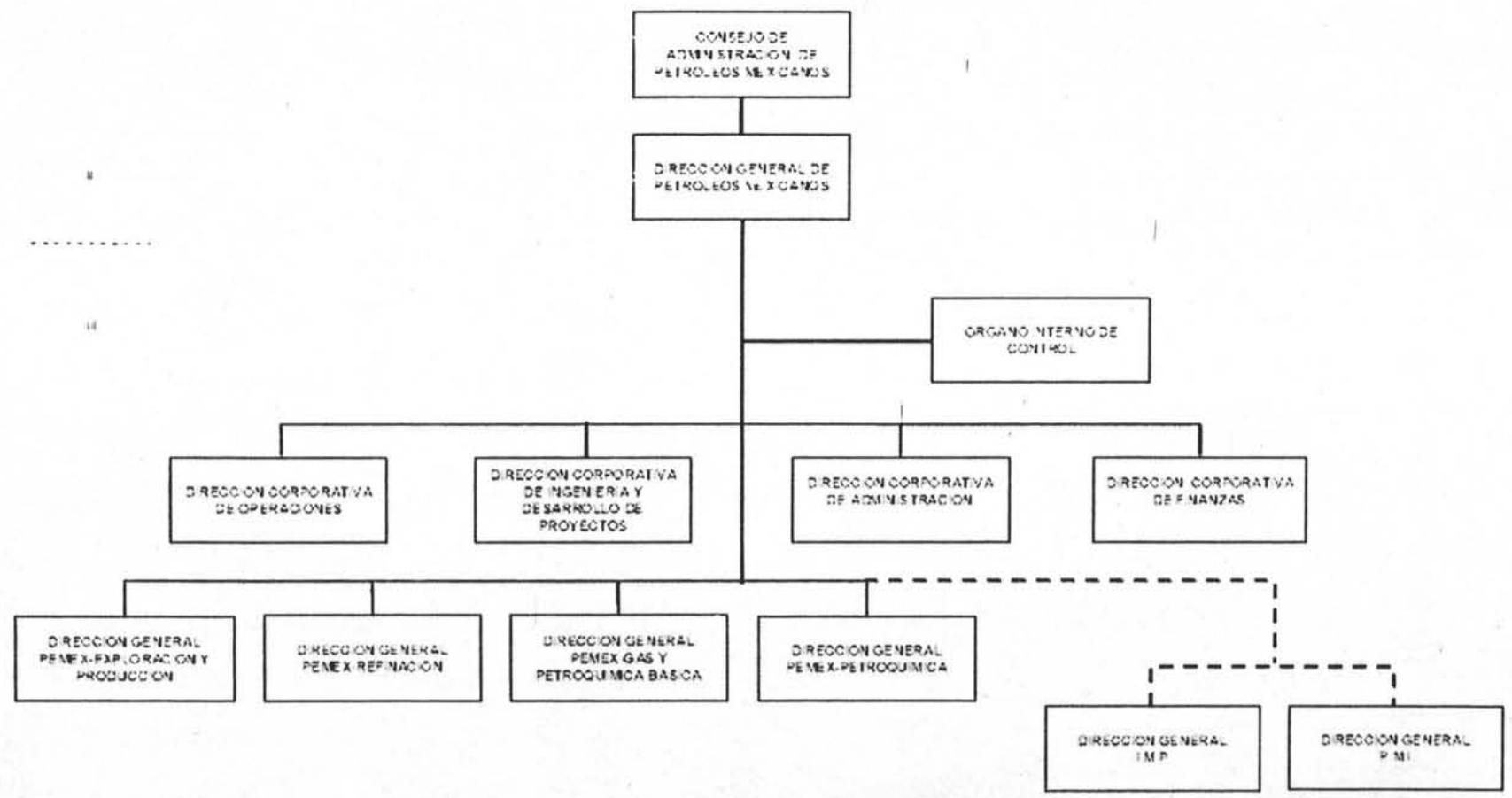
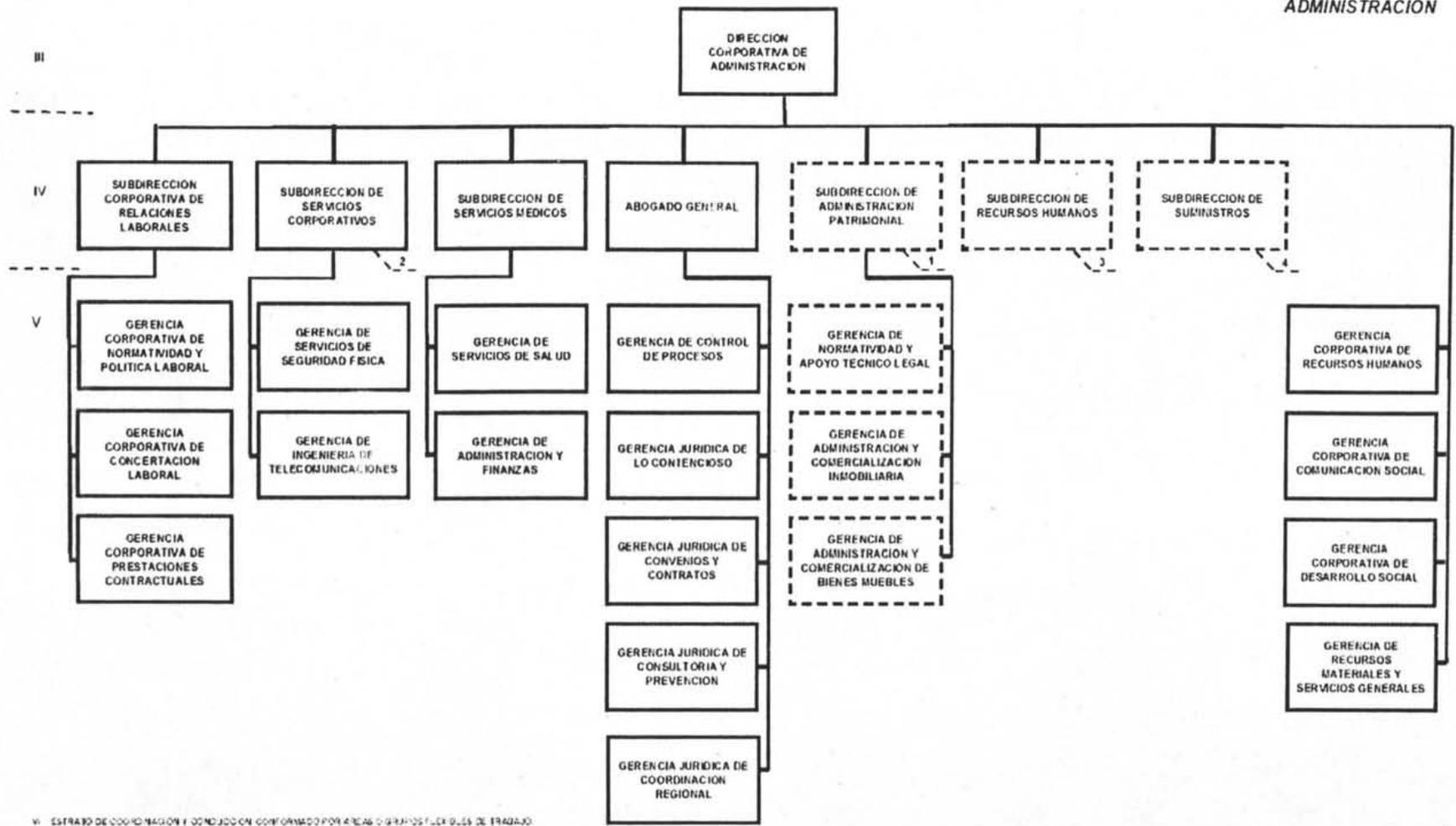


Figura 3.1 ESTRUCTURA ORGANICA DE PEMEX

DIRECCION CORPORATIVA DE ADMINISTRACION



VI: ESTRUCCION DE COORDINACION Y CONDUCCION CONFORMADO POR AREAS O GRUPOS FLEXIBLES DE TRABAJO  
 VII: GRUPO ESPECIALIZADO CONFORMADO POR AREAS O GRUPOS FLEXIBLES DE TRABAJO

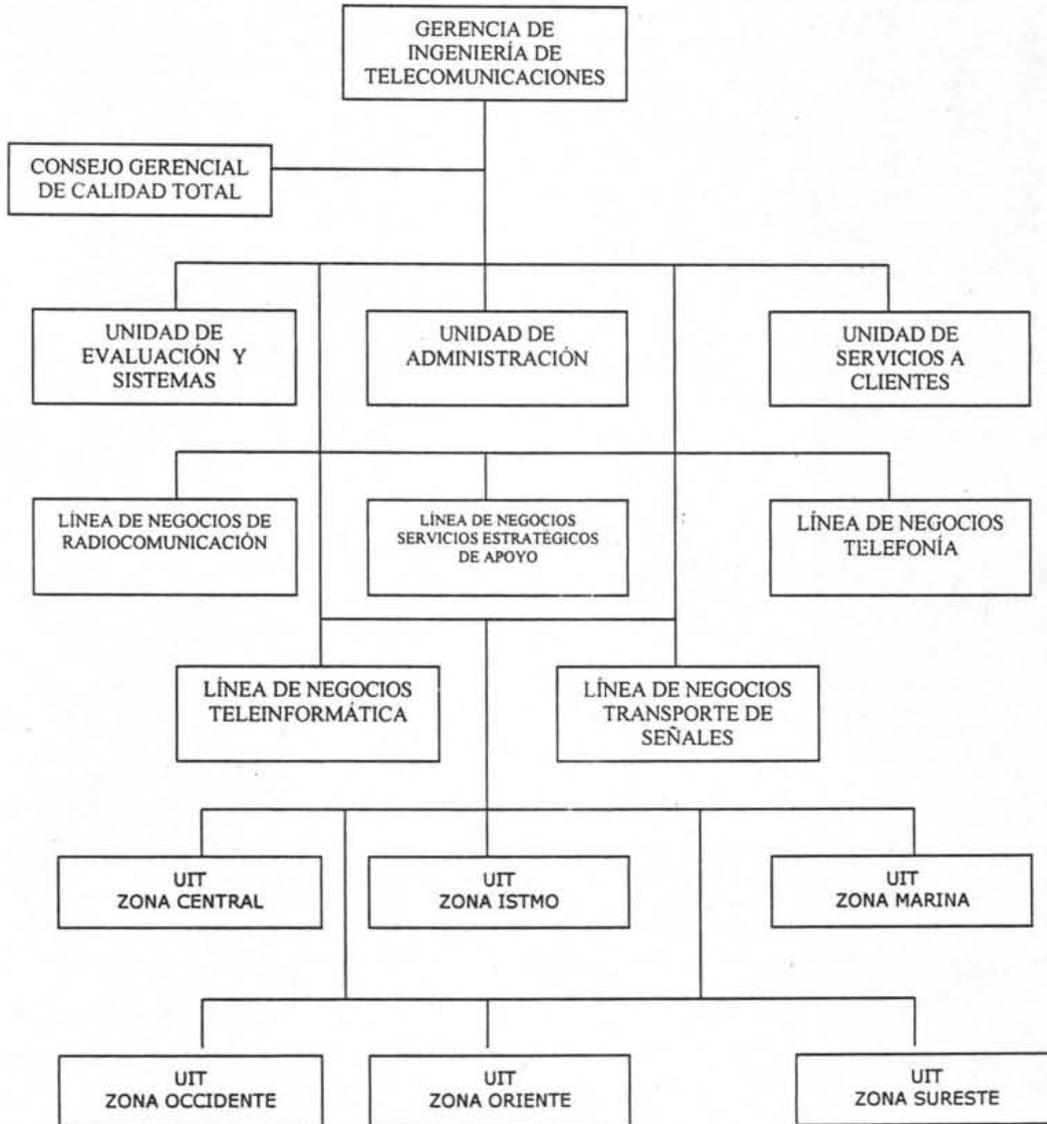
ACUERDO CA-052/2004 DEL CONSEJO DE ADMINISTRACION DE PETROLEOS MEXICANOS, 12 DE MAYO DE 2004.

- 1 Eliminar la Subdirección.  
Integrar las funciones normativas, el marco operativo y las funciones de seguimiento, relativas a la racionalización de activos en la Dirección Corporativa de Finanzas, dejando las funciones relacionadas con su desincorporación, almacenaje y venta en los Organismos.  
Integrar funciones para los bienes del Corporativo referente a su administración en la estructura actual de la Subdirección de Servicios Corporativos de la Dirección Corporativa de Administración.
- 2 Incorporar funciones de administración de los bienes del Corporativo.
- 3 Crear la Subdirección de Recursos Humanos.  
Incorporar funciones actuales de la Gerencia Corporativa de Recursos Humanos de la Dirección Corporativa de Administración.  
Incorporar funciones de la Subdirección de Competitividad.
- 4 Crear la Subdirección de Suministros.  
Incorporar funciones actuales de suministros de la Dirección Corporativa de Competitividad e Innovación y de las áreas equivalentes de la Dirección Corporativa de Administración.

Figura 3.2 DIRECCIÓN CORPORATIVA DE ADMINISTRACIÓN

Παιδαγωγική / Ανάπτυξη και Διαχείριση  
 της Παιδείας / Μεταπτυχιακή Τεχνολογία  
 και των Επιστημών / Σχολ. Οργ. και Συστ. / Τμήμα

Ανεπτυξιακό Διευρητήριο Τεχνολογίας / Παιδαγωγική / Ανάπτυξη και Διαχείριση  
 της Παιδείας / Μεταπτυχιακή Τεχνολογία και των Επιστημών / Σχολ. Οργ. και Συστ. / Τμήμα



**Figura 3.3 GERENCIA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

### 3.2.1 Transporte de señales

## Unidad de Servicios de Transporte de Señales

La Unidad de Servicios de Transporte de Señales, es un sistema formado por equipos digitales de diferentes capacidades y tecnologías, necesarios para integrar todos los centros de trabajo que conforman la red de comunicaciones de larga distancia de Petróleos Mexicanos en el ámbito nacional, transfiriendo en forma bidireccional la información de voz, datos y video de los servicios que son suministrados a los clientes por las Líneas de Negocio de la GIT.

Esta Unidad de Servicios se compone por las siguientes Unidades Empresariales:

- **Baja Capacidad:** Proporciona el servicio de transporte de baja y media velocidad de voz, datos y vídeo que permite conectar e integrar a la red de telecomunicaciones de PEMEX, centros de administración, operación y plantas industriales así como instalaciones para el transporte de productos ubicados en cualquier parte del territorio nacional.
- **Alta Capacidad:** Proporciona el servicio de transporte de alta velocidad para integrar los nodos de conmutación, transmisión de datos, salas de videoconferencia, sitios de repetición del servicio trunking, servicios dedicados, y en síntesis la infraestructura que integra la red privada de telecomunicaciones y larga distancia de PEMEX.

### *Baja capacidad de transporte de señales*

#### Descripción del servicio principal

Proporciona la transmisión de información de voz, datos e imagen de baja capacidad entre los centros de trabajo y plantas industriales que por su situación geográfica se encuentran lejos de la red privada de la Larga Distancia de PEMEX.

#### Características

El servicio de baja capacidad de transporte emplea tecnología digital y se lleva a cabo a través de:

- Enlaces terrestres tipo multicanal
- Estaciones terrenas vía satélite que permiten una comunicación rápida y eficiente de voz y datos

Los canales que se proporcionan con los equipos anteriores son:

- 16, 32 y 64 kbps (en canal de frecuencia de voz)
- De 2.4 a 19.2 kbps (en canales de datos)
- 64 kbps (en canales de datos)
- n x 64 kbps (fraccionado en canales de datos)

## Alta capacidad de transporte de señales

### Descripción del servicio principal

Proporciona la transmisión de información de voz, datos e imagen de alta capacidad formando la red troncal nacional entre los centros administrativos, centros de control y plantas industriales de la red privada de la Larga Distancia de PEMEX.

### Características

El servicio de alta capacidad de transporte emplea redes de comunicación digital a través de microondas con tecnología PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) y redes de fibra óptica la cual es totalmente síncrona.

Los canales que se proporcionan son:

- N x 64 Kbps fraccionado(para videoconferencia y datos)
- 2.048 Mbps (entre Centrales Telefónicas y Equipos de Datos)
- 34 Mbps (para la Red ATM)
- 155 Mbps (STM-1, para la red ATM)

### 3.2.2. Radiocomunicación

#### Unidad de Servicios de Radiocomunicación

La Unidad de Servicios de Radiocomunicación tiene por objeto proporcionar la capacidad de transmitir y recibir de una manera móvil y fija mensajes de voz y datos, empleando recursos tecnológicos que transmiten la información del usuario de manera inalámbrica de un punto a otro, aumentando de esta forma la productividad y eficiencia en una organización o grupo de trabajo. Esta Unidad de Servicios se compone por las siguientes Unidades Empresariales:

- **Radiocomunicación Voz y Datos:** Proporciona el servicio de radiocomunicación trunking y convencional de voz entre personas y entre grupos, con cobertura local, regional e institucional; de transmisión de datos para la transferencia de información entre equipos terminales de datos que interactúan en un ambiente de procesos industriales y de transmisión de mensajes para recibir mensajes personalizados alfanuméricos o de voz con cobertura nacional.
- **Servicios Especializados:** Proporciona el servicio de radiotelefonía móvil satelital para la comunicación telefónica de voz y datos de baja velocidad; telefonía celular de voz y datos de baja velocidad por medio de compañías públicas con cobertura nacional e internacional y radiocomunicación de larga distancia.

## **Radiocomunicación de Voz y Datos**

### **Descripción del servicio principal**

Proporciona la transmisión inalámbrica de voz y datos en el punto de enlace al usuario final en el ámbito local, regional y nacional.

#### **Características**

Este servicio emplea un sistema de comunicación inalámbrica de voz y datos de alta calidad que permite la comunicación fija, móvil y portátil entre personas, grupos de trabajo y sistemas; la tecnología que se emplea es:

- Transmisión de Datos: Sistemas de radio digital del tipo punto a punto y punto-multipunto que garantiza la transferencia de datos en aquellos sitios donde no hay infraestructura de comunicación alámbrica o donde para la aplicación se requiere un medio de transmisión inalámbrico.
- Transmisión de voz
  - ✓ Trunking. Sistema de radio troncalizado para usuarios móviles, fijos y portátiles que permite la posibilidad de atender a un gran número de usuarios con cobertura institucional del servicio con el beneficio de un mejor aprovechamiento de las frecuencias asignadas.
  - ✓ Convencional. Sistema de radio en la banda de VHF y UHF para usuarios móviles, fijos y portátiles que ofrecen servicio con cobertura local y remota.

### **Servicios especializados**

#### **Descripción del servicio principal**

Proporciona la comunicación móvil e inalámbrica de voz y datos entre personas, y equipos terminales de datos en el ámbito local, regional y nacional.

#### **Características**

Los servicios especiales utilizan tecnología de alto nivel y amplia cobertura lo que asegura la comunicación de los usuarios en cualquier parte del país ya sea en mar y/o tierra. Se utilizan sistemas como:

#### **Altas frecuencias**

Sistema integrado por radios instalados en estaciones costeras y embarcaciones que operan con aparatos transreceptores de banda angosta que facilitan la comunicación de larga distancia (punto a punto) entre personal que labora en embarcaciones de la institución.

#### **Transmisión de Mensajes**

- ✓ Pager: Sistemas de transmisión de mensajes alfanuméricos a través de infraestructura propia y arrendada.
- ✓ Móvil satelital: Servicio de voz con acceso satelital en la banda "L" para realizar llamadas telefónicas de voz y datos entre ellos o bien a abonados telefónicos residenciales.

- ✓ Celular: Servicio de voz que utiliza aparatos celulares portátiles, móviles o bases que se conectan a través de células a centrales telefónicas públicas para poder realizar llamadas entre ellos o bien a abonados telefónicos residenciales.

### 3.2.3. Telefonía

#### Unidad de Servicios de Telefonía

La Unidad de Servicios de Telefonía proporciona la comunicación de voz y datos entre centrales telefónicas y terminales (teléfono, equipo de fax, etc.) capaces de satisfacer cualquier necesidad; aumentando la funcionalidad con la alta tecnología digital para proporcionar servicios como: identificador de llamadas, línea adicional, audioconferencia, auto-marcación, transferencia de llamadas, entre otros.

Esta Unidad de Servicios se compone por las siguientes Unidades Empresariales:

- **Redes estructuradas:** Proporciona los servicios de ingeniería, proyecto y construcción de los medios físicos de transmisión (fibra óptica o cable de cobre de par trenzado) en el interior de edificios y en instalaciones externas, a través de los cuales se hacen llegar los servicios de voz, datos, imágenes y vídeo, hasta el escritorio del usuario.
- **Intercomunicación y voiceo:** Proporciona el servicio de comunicación de voz dentro de instalaciones industriales, hospitales y oficinas; en forma privada o en voz abierta en situaciones operativas normales o de emergencia.
- **Telefonía:** Proporciona los servicios de comunicación de voz, en forma local y larga distancia entre los centros de trabajo de la Institución en el territorio nacional, donde éstas se ubican, así como acceso a las redes públicas, urbanas e interurbanas.

#### Telefonía

##### Descripción del servicio principal

Permite realizar y recibir llamadas nacionales e internacionales, así como establecer comunicaciones, principalmente de voz, aunque también de datos y video, con cualquier otro cliente que disponga de este servicio o acceda a él. Además, con este servicio se pueden establecer y recibir llamadas con clientes de telefonía móvil.

##### Características

Los usuarios se comunican por la red privada de PEMEX a todos los centros de trabajo de la institución (comunicación local, urbana e interurbana) teniendo acceso a la red pública nacional e internacional, a través de tecnologías digitales como:

- ✓ Red Digital de Servicios Integrados
- ✓ Protocolos de comunicación PRI, SCC7 y R2
- ✓ Accesos automáticos DID/DOD con la red pública
- ✓ Terminales y servidores de fax interconectados

## **Redes estructuradas**

### **Descripción del servicio principal**

Es el desarrollo y puesta en operación de los medios físicos de transmisión de voz, datos y video.

#### Características

En la ingeniería y construcción de redes telefónicas se emplea cableado estructurado (par de cobre y fibra óptica) y sistemas de administración de redes, que garantizan la calidad de las interconexiones físicas entre equipos y aparatos terminales, para hacer llegar los servicios de voz, datos e imagen hasta el escritorio del usuario.

## **Intercomunicación**

### **Descripción del servicio principal**

Proporciona la administración de la operación de los sistemas de intercomunicación y voceo para garantizar que se permita la comunicación de dos o más personas dentro de instalaciones industriales y hospitalarias; en forma privada o en voz abierta.

#### Características

El servicio de intercomunicación permite la comunicación en situaciones operativas normales o de emergencia. Utiliza tecnología e infraestructura.

#### 3.2.4. Teleinformática

### **Unidad de Servicios de Teleinformática**

La Unidad de Servicios de Teleinformática, provee comunicación de voz, datos y vídeo entre computadoras personales, servidores asociados y equipos de cómputo situados en un mismo local en distintos edificios e incluso localizados a cientos y miles de kilómetros de distancia, en diferentes ciudades.

La oferta incluye la integración de las soluciones con los sistemas. Proporciona transporte y acceso a la Internet y servicio de correo electrónico aplicando esquemas de seguridad contra intromisiones externas. Incluye servicios de desarrollo de páginas Web.

Cualquiera con más de una computadora puede aprovechar la teleinformática para reducir costos en periféricos (impresoras, unidades de almacenamiento, fax, etc.) así como en duplicidad de información, ya que todos los usuarios, a los que se les permita, pueden acceder a las bases de datos y/o programas de la empresa.

Esta Unidad de Servicios se compone por las siguientes Unidades Empresariales:

- **Interconexión de Redes de Datos y Soporte:** Proporciona el transporte de información de voz, datos y/o vídeo, mediante las redes de transmisión de datos de la Institución; proporciona el medio para el intercambio de información entre redes de voz, datos y vídeo propias, nacionales e internacionales, así como servicios de valor agregado.
- **Integración y Administración de Redes:** Proporciona los servicios de instalación, renunciación, programación y administración integral de las redes de datos de los usuarios,

incluyendo el monitoreo, diagnóstico y solución de fallas, así como el diseño e incorporación de aplicaciones y la elaboración de proyectos.

- **Internet:** Proporciona el servicio de comunicación para compartir información propietaria o externa a la Institución, en forma de texto, audio, imágenes y vídeo; a través de redes de computadoras y presentadas al usuario mediante interfaces gráficas (navegadores, software clientes de correo electrónico y software especializado).

## Internet

### Descripción del servicio principal

Provee presencia internacional en la red de cómputo más grande del mundo, permitiendo el acceso e intercambio de información, a través de redes propietarias o externas a la Institución, en forma de voz, datos y video.

#### Características

El servicio de Internet permite una conexión rápida, económica y confiable utilizando enlaces digitales, los accesos que ofrece son:

- Internet: acceso seguro a la red mundial de información.
- Intranet: información y servicios disponible para los usuarios internos de la Institución.
- Extranet: esquemas de comunicación a través de canales privados o públicos entre entidades de PEMEX y socios de negocio externos.

## Integración de redes de datos y soporte

### Descripción del servicio principal

Proporciona la transmisión de información de voz, datos y video en el ámbito local, nacional e internacional.

#### Características

El servicio de interconexión de redes y soporte emplea los últimos avances en tecnología digital y la infraestructura más moderna que garantiza la mayor rapidez, confiabilidad y soporte para la transmisión de voz, datos e imagen. Las tecnologías que se emplean son:

- ATM: conmutación de celdas
- Frame Relay: conmutación de tramas
- X.25: conmutación de paquetes
- HDSL: equipo de transmisión de datos de alta velocidad

## Integración y Administración de Redes

### Descripción del servicio principal

Contempla la instalación, reubicación, programación y ofrece la administración integral de las redes de datos de los usuarios, incluyendo el monitoreo, diagnóstico y solución de fallas, así como el diseño e incorporación de aplicaciones y elaboración de proyectos.

#### Características

Proporciona el comportamiento de variables o parámetros de la red (utilización de los enlaces, fallas o disponibilidad de los enlaces, errores, etc.) de una manera automatizada. Nuestros proyectos se llevan a cabo mediante personal calificado con más de 10 años de experiencia en tecnología y en la elaboración de Proyectos.

#### 3.2.5. Unidad de Servicios Estratégicos de Apoyo al Cliente

### Unidad de Servicios Estratégicos de Apoyo a Clientes

La Unidad de Servicios Estratégicos de Apoyo ofrece soluciones integrales mediante la aplicación de las diferentes tecnologías de comunicaciones y de automatización y control de procesos para apoyar la ejecución de los proyectos estratégicos de PEMEX, así como proporcionar el servicio de Videoconferencia. Esta Unidad de Servicios se compone por las siguientes Unidades Empresariales:

- **Servicios integrales industriales:** proporciona el servicio de ingeniería, proyecto, consultoría y mantenimiento de sistemas de automatización e información industrial, para mejorar la eficiencia, eficacia y seguridad en la operación de los diversos procesos de la industria petrolera.
- **Videoconferencia:** proporciona el servicio de desarrollo, operación continua de sistemas que permiten la comunicación interactiva de audio y vídeo en tiempo real entre el personal que se encuentra ubicado a grandes distancias entre dos o más puntos en modo simultáneo, sin necesidad de que el personal salga de sus centros de trabajo.
- **Soluciones Integrales de Telecomunicaciones:** ofrece el servicio integral a los clientes que requieren servicios proporcionados por más de una unidad empresarial, para satisfacer las necesidades de comunicación, derivadas del desarrollo de proyectos estratégicos de PEMEX.

## **Servicios integrales industriales**

### **Descripción del servicio principal**

Proporciona el mantenimiento integral a los sistemas especiales de supervisión, control y seguridad de las instalaciones y procesos productivos.

#### Características

El mantenimiento se proporciona mediante:

- Sistemas de mantenimiento
- Procedimientos probados de mantenimiento y atención a fallas
- Herramientas especializadas, inspección, prueba y mantenimiento de los equipos y sistemas

## **Videoconferencia**

### **Descripción del servicio principal**

Proporciona la comunicación simultánea e interactiva de audio y video en tiempo real entre dos o más puntos ubicados a grandes distancias.

#### Características

La videoconferencia se realiza mediante sistemas grupales y de escritorio que permiten la transmisión digital en forma interactiva de video y audio en tiempo real y simultáneamente. Los equipos de videoconferencia ocupan un ancho de banda pequeño ofreciendo una mayor calidad de audio y video a un menor costo.

## **Soluciones Integrales de Telecomunicaciones**

### **Descripción del servicio principal**

Proporciona el diseño y desarrollo de proyectos de sistemas integrales de telecomunicaciones para los proyectos estratégicos de PEMEX.

#### Características

Este servicio se proporciona en forma personalizada y de acuerdo a las necesidades de cada cliente, en cada proyecto se le proporciona al cliente:

- Máxima flexibilidad para adaptarlos a los procesos propios de los clientes
- Conocimiento detallado de la operación de la industria
- Comunicación amplia y continúa que evita los malos entendidos
- Claro entendimiento del alcance de trabajo
- Soporte y compromisos a largo plazo

- Integración de todos los servicios de telecomunicaciones para soluciones completas

Usuarios que necesiten el desarrollo de sistemas de telecomunicaciones como:

- Sistemas de adquisición de datos y control, distribuido y supervisorio (SCADA)
- Sistemas de control distribuido
- Sistemas de telemedición
- Sistemas de TV por cable
- Seguridad y vigilancia electrónica
- Detección y aviso de incendios
- Circuito cerrado de televisión (CCTV)
- Control de acceso
- Alarmas sectoriales
- Sonorización y música ambiental
- Mantenimiento a computadoras y periféricos
- Radar

*Hello*

*Is there anybody in there?  
Just nod if you can hear me  
Is there anyone home?*

*Come on, now*

*I hear you're feeling down  
Well I can ease your pain,  
Get you on your feet again*

*Relax*

*I need some information first.  
Just the basic facts  
Can you show me where it hurts?*

*There is no pain you are receding  
A distant ship smoke on the horizon  
You are only coming through in waves  
Your lips move but I can't hear what you're sayin'  
When I was a child I had a fever  
My hands felt just like two balloons  
Now I got that feeling once again  
I can't explain, you would not understand  
This is not how I am  
I have become comfortably numb*

*Ok*

*Just a little pinprick  
There'll be no more --aaaaahhhhhh!  
But you may feel a little sick.*

*Can you stand up?*

*I do believe it's working, good.  
That'll keep you going through the show.  
Come on it's time to go.*

*There is no pain you are receding.  
A distant ship smoke on the horizon.  
You are only coming through in waves.  
Your lips move but I can't hear what you're sayin'.  
When I was a child I caught a fleeting glimpse,  
Out of the corner of my eye.  
I turned to look but it was gone.  
I cannot put my finger on it now.  
The child is grown,  
the dream is gone  
I have become comfortably numb.*

## 4. Capitulo IV. Aplicaciones de la Red de Microondas Terrestres.

### **Red de telecomunicaciones**

Una red de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso. Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales. Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, se necesita un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, se requiere de teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera.

Para ilustrar de mejor manera esta idea, se puede establecer una analogía entre las telecomunicaciones y los transportes. En estos últimos, la red está constituida por el conjunto de carreteras de un país y lo que en ellas circulan son vehículos, que a su vez dan servicio a personas o mercancías. En las telecomunicaciones se transporta información a través de redes de información.

La principal razón por la cual se han desarrollado las redes de telecomunicaciones es que el costo de establecer un enlace entre dos usuarios de una red sería muy elevado, sobre todo considerando que no todo el tiempo todos los usuarios se comunican entre sí. Es mucho mejor contar con una conexión dedicada para que cada usuario tenga acceso a la red a través de su equipo terminal, pero una vez dentro de la red los mensajes utilizan enlaces que son compartidos con otras comunicaciones de otros usuarios. Comparando nuevamente con los transportes, a todas las casas llega una calle en la que puede circular un automóvil y a su vez conducirlo a una carretera, pero no todas las casas están ubicadas en una carretera dedicada a darle servicio exclusivamente a un solo vehículo. Las calles desempeñan el papel de los canales de acceso y las carreteras el de los canales compartidos.

La función de una red de telecomunicaciones consiste en ofrecer servicios a sus usuarios. Cuando ésta es utilizada por el público en general (por ejemplo, la red telefónica) se le denomina una red pública de telecomunicaciones. Cuando alguien instala y opera una red para su uso personal, sin dar acceso a terceros, entonces se trata de una red privada, por ejemplo: una red utilizada para comunicar a los empleados y las computadoras o equipos en general, de una institución financiera, es una red privada.

Una característica importante de una red es su cobertura geográfica, ya que ésta limita el área en que un usuario puede conectarse y tener acceso para utilizar los servicios que le ofrece. Por ejemplo, existen redes locales que enlazan computadoras instaladas en un mismo edificio o una sola oficina (conocidas como LAN por su nombre en inglés: *local area network*), pero también existen redes de cobertura más amplia (conocidas como WAN por su nombre en inglés: *wide area network*), redes de cobertura urbana que distribuyen señales de televisión por cable en una ciudad, redes metropolitanas que cubren a toda la población de una ciudad, redes que enlazan redes metropolitanas o redes urbanas formando redes nacionales, y redes que enlazan las redes nacionales, las cuales constituyen una red global de telecomunicaciones.

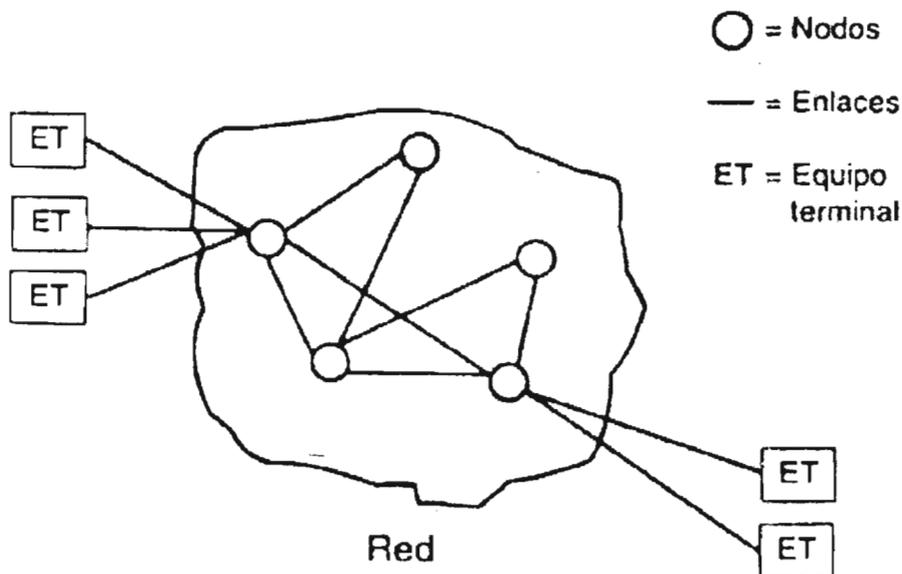


Figura 4.1

Uno de los desarrollos más sorprendentes de los últimos años es indudablemente la posibilidad de conectar todas las redes de cobertura limitada en una red global que permite enlazar y comunicar usuarios ubicados en cualquier parte del mundo. Esto es lo que ha dado origen a términos como globalización de la información. Actualmente existen redes que permiten comunicación telefónica instantánea, envío de información financiera, envío de señales de televisión de un país a otro, o que permiten localizar personas por medio de receptores de radio en varios países del mundo.

En general se puede afirmar que una red de telecomunicaciones consiste en los siguientes componentes:

- Un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información.
- Un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos.

### Canales

El canal es el medio físico a través del cual viaja la información de un punto a otro. Sus características son importantes para una comunicación efectiva, ya que de ellas depende en gran medida la calidad de las señales recibidas o en los nodos intermedios en una ruta. Los canales pueden pertenecer a una de dos clases:

- Canales que guían las señales que contienen información desde la fuente hasta el destino, por ejemplo: cables de cobre, cables coaxiales y fibras ópticas.
- Otro tipo de canales difunden la señal sin una guía, a los cuales pertenecen los canales de radio, que incluyen también microondas y enlaces satelitales.

Una red moderna de telecomunicaciones normalmente utiliza canales de distintos tipos para lograr la mejor solución a los problemas de los usuarios; es decir, con frecuencia existen redes que emplean canales de radio en algunos segmentos, canales vía satélite en otros, microondas en algunas rutas, radio en otras.

## **Nodos**

Los nodos son parte fundamental en cualquier red de telecomunicaciones, son los encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red. Desde un punto de vista topológico, los nodos proveen los enlaces físicos entre los diversos canales que conforman la red. Los nodos de una red de telecomunicaciones son equipos (en su mayor parte digitales, aunque pueden tener alguna etapa de procesamiento analógico, como un modulador) que realizan las siguientes funciones:

- a) **Establecimiento y verificación de un protocolo.** Los nodos de la red de telecomunicaciones realizan los diferentes procesos de comunicación de acuerdo a un conjunto de reglas conocidas como protocolos; éstos se ejecutan en los nodos, garantizando una comunicación exitosa entre sí, utilizando para ello, los canales que los enlazan.
- b) **Transmisión.** Existe la necesidad de hacer uso eficiente de los canales, por lo cual, en esta función, los nodos adaptan al canal, la información o los mensajes en los cuales está contenida, para su transporte eficiente y efectivo a través de la red.
- c) **Interfase.** En esta función el nodo se encarga de proporcionar al canal las señales que serán transmitidas de acuerdo con el medio de que está formado el canal. Esto es, si el canal es de radio, las señales deberán ser electromagnéticas a la salida del nodo, independientemente de la forma que hayan tenido a su entrada y también de que el procesamiento en el nodo haya sido por medio de señales eléctricas.
- d) **Recuperación.** Si durante una transmisión se interrumpe la posibilidad de terminar exitosamente la transferencia de información de un nodo a otro, el sistema, a través de sus nodos, debe ser capaz de recuperarse y reanudar en cuanto sea posible la transmisión de aquellas partes del mensaje que no fueron transmitidas con éxito.
- e) **Formateo.** Cuando un mensaje transita a lo largo de una red, pero principalmente cuando existe una interconexión entre redes que manejan distintos protocolos, puede ser necesario que en los nodos se modifique el formato de los mensajes para que todos los nodos de la red (o de la conexión de redes) puedan trabajar con éste; esto se conoce con el nombre de formateo (o, en su caso, de reformateo).
- f) **Enrutamiento.** Cuando un mensaje llega a un nodo de la red de telecomunicaciones, debe tener información acerca de los usuarios de origen y destino; es decir, sobre el usuario que lo generó y aquel al que está destinado. Sin embargo, cada vez que el mensaje transita por un nodo y considerando que en cada nodo hay varios enlaces conectados por los que, al menos en teoría, el mensaje podría ser enviado a cualquiera de ellos, en cada nodo se debe tomar la decisión de cuál debe ser el siguiente nodo al que debe enviarse el mensaje para garantizar que llegue a su destino rápidamente. Este proceso se denomina enrutamiento a través de la red. La selección de la ruta en cada nodo depende, entre otros factores, del número de mensajes que en cada momento están en proceso de ser transmitidos a través de los diferentes enlaces de la red.
- g) **Repetición.** Existen protocolos que entre sus reglas tienen una previsión por medio de la cual el nodo receptor detecta si ha habido algún error en la transmisión. Esto permite al nodo destino solicitar al nodo previo que retransmita el mensaje hasta que llegue sin errores y el nodo receptor pueda, a su vez, retransmitirlo al siguiente nodo.
- h) **Direccionamiento.** Un nodo requiere la capacidad de identificar direcciones para poder hacer llegar un mensaje a su destino, principalmente cuando el usuario final está conectado a otra red de telecomunicaciones.

i) **Control de flujo.** Todo canal de comunicaciones tiene una cierta capacidad de manejar mensajes; cuando el canal está saturado no se deben enviar más por medio de ese canal, hasta que los previamente enviados hayan sido entregados a sus destinos.

Las funciones que se han descrito, son las más importantes, por lo tanto son las que deben estar implementadas en los nodos de una red compleja. Por ejemplo, si una red consiste solamente en dos nodos a cada uno de los cuales están conectados una variedad de usuarios, es evidente que no se requieren funciones tales como direccionamiento o enrutamiento en cada uno de ellos.

#### 4.1. Redes digitales PDH y SDH

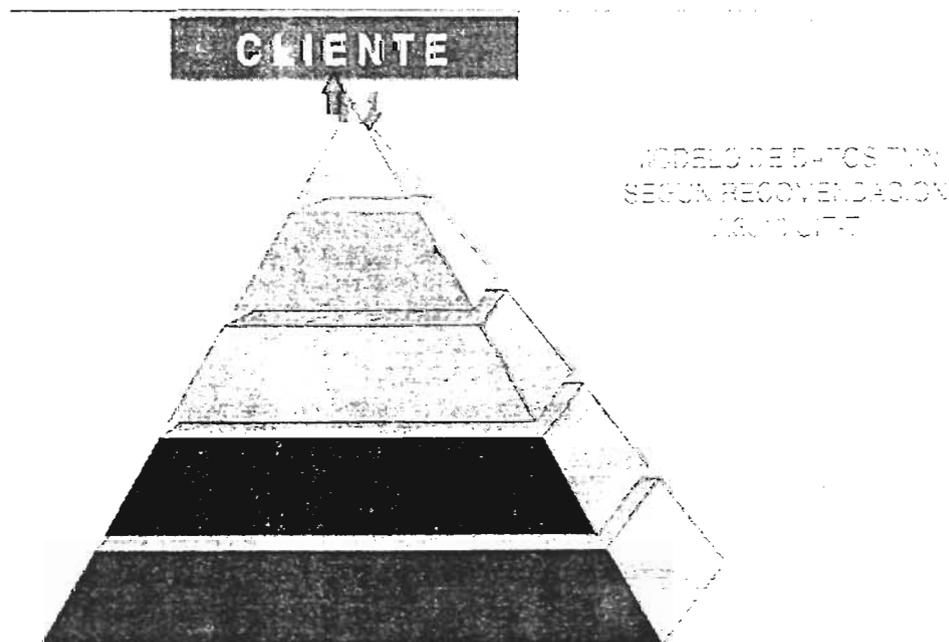
##### **Sistema de gestión de red SDH (TMN)**

Funciones principales de una TMN:

- Administración de fallas: aquí se procesan las alarmas de acuerdo a la severidad y se le asocia una probable causa.
- Administración de la calidad: la calidad se supervisa de acuerdo al modelo de datos TMN de la recomendación M.3010 de la UIT.
- Seguridad: se realiza mediante un subconjunto predefinido de funciones que pueden ser asignadas a los usuarios (administrador de red, constructor de red, operador de red, etc.).
- Aprovisionamiento de trayectos.
- Administración de configuraciones: aquí se declaran los elementos de red (NE's) y son puestos bajo supervisión (asignación de un nombre único del NE, dirección de red, localidad, configuración del NE, lista de inventario, etc.).

##### **Modelo de datos TMN**

Es un modelo piramidal según la recomendación M.3010 de la UIT-T. La capa que pertenece a la base es la capa conocida como de elemento, en esta capa el equipo determina su estado y puede emitir señales de alarma o leds. La capa siguiente es la de gestión de elemento, esta configura local o remotamente a los elementos. La capa de gestión de red usa al EML para configurar trayectos. La capa de servicios incluye contratos, tarifas, clientes. La capa de negocios permite equipar servicios usando redes de diferentes proveedores. La red de gestión de las telecomunicaciones (RGT) soporta actividades de gestión asociadas a redes de telecomunicaciones. Las figuras 4.2a a 4.2f ilustran esta pirámide.



**Figura 4. 2a. Modelo de datos M.3010 de la UIT-T**

La capa de elemento garantiza la gestión de un elemento o un grupo de elementos mediante una o varias funciones de sistema de explotación responsable, cada una de ellas según instrucciones de la capa de gestión de la red, de un conjunto de funciones de elementos de red.

EN ESTA CAPA EL EQUIPO  
DETERMINA SU ESTADO Y  
PUEDE EMITIR SEÑALES  
DE ALARMA O LEDS

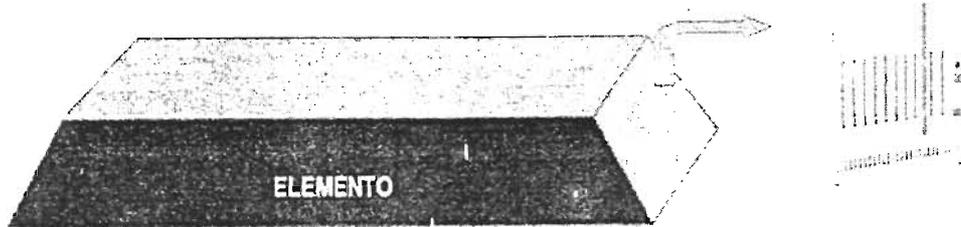


Figura 4. 2b. Capa de elemento

LA CAPA DE GESTIÓN DE  
ELEMENTO CONFIGURA  
LOCAL O REMOTAMENTE  
A LOS ELEMENTOS

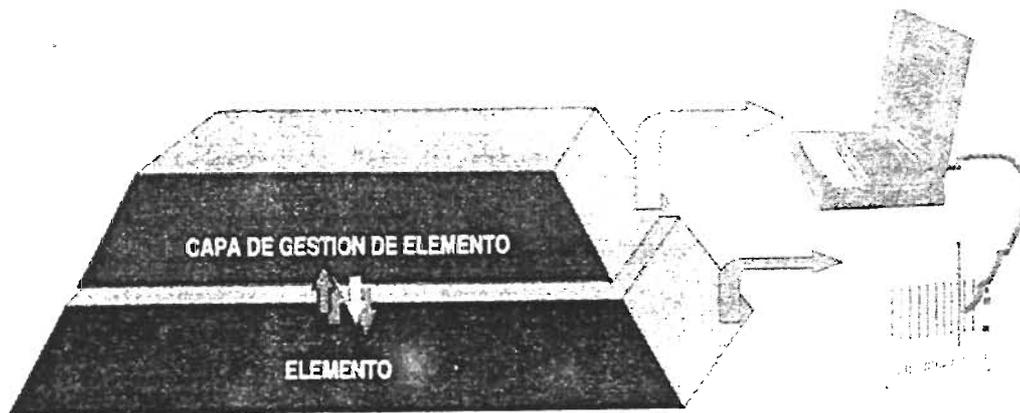


Figura 4. 2c. Capa de gestión de elemento

La capa de gestión de red se ocupa de la gestión de las capas elementales. En esta capa están localizadas las funciones de gestión de zonas geográficas, por ejemplo. Ofrece típicamente una visión de conjunto de la red y con ella se puede dar a la capa de gestión de servicios una visión independiente de la tecnología.

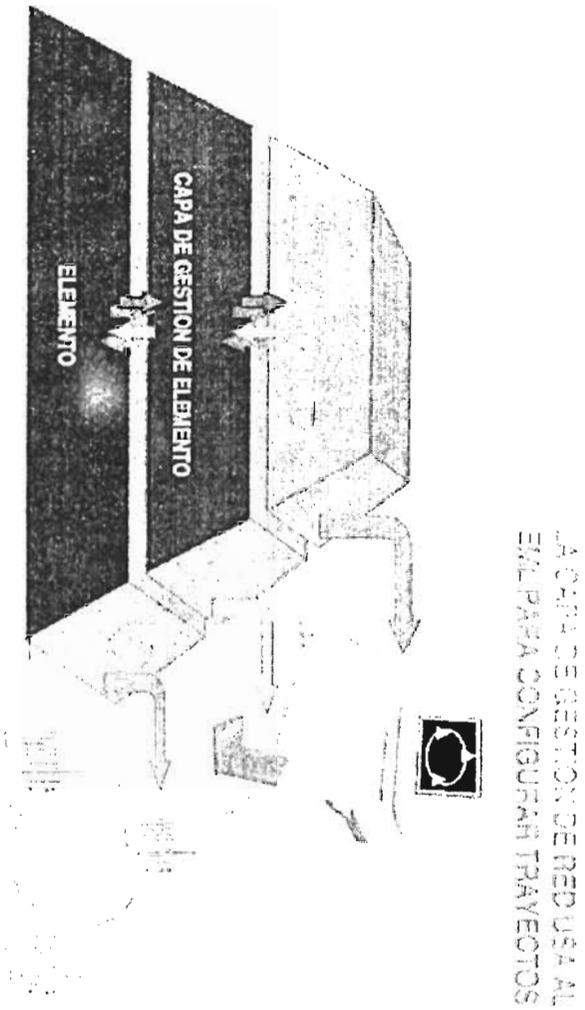


Figura 4. 2d. Capa de gestión de red

La gestión de los servicios se refiere a los aspectos contractuales de los servicios prestados a los clientes o a disposición de posibles clientes nuevos. Algunas de las funciones principales de esta capa son el tratamiento de peticiones de servicio, la gestión de las reclamaciones y la facturación.

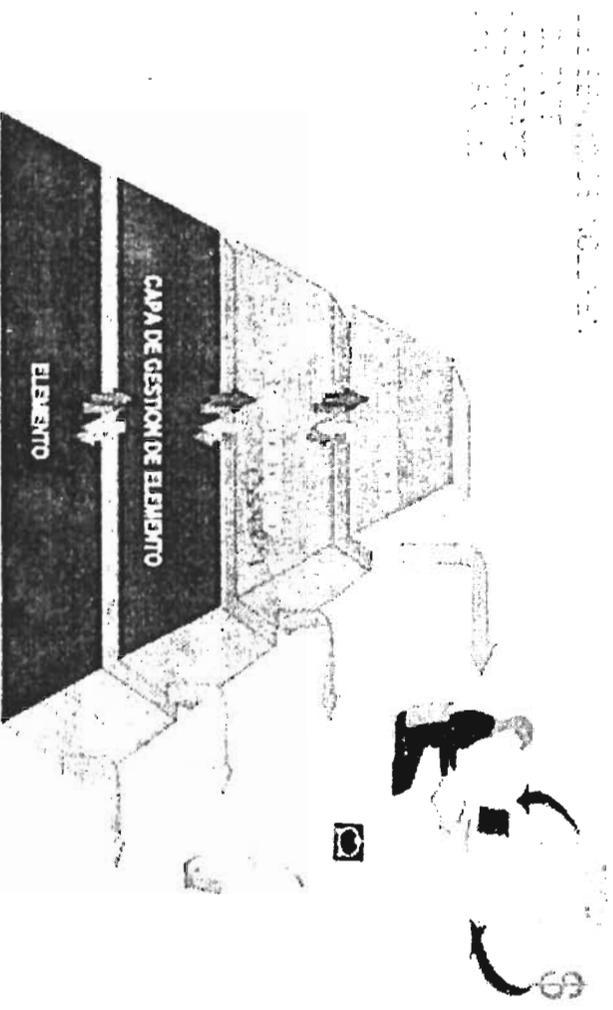


Figura 4. 2e. Capa de servicios

Capa funciones de sistema de explotación de empresa: en la gestión de la actividad económica influye un conjunto completo de elementos (totalidad de servicios y redes) y con ella se pretende asegurar la coordinación general.



Figura 4. 2f. Capa de negocios

## **Red de Gestión de Telecomunicaciones (TMN)**

La TMN proporciona funciones de gestión y comunicaciones para la operación, la administración y el mantenimiento de una red de telecomunicaciones y en servicios en un entorno de múltiples fabricantes. Existieron dos aspectos que motivaron el desarrollo de la arquitectura TMN: una es la creciente heterogeneidad en la tecnología y la coexistencia de redes analógico-digitales; otra se deriva de las mayores demandas sobre posibilidad de introducir nuevos servicios, reorganizar las redes, métodos eficientes para operar las redes; entre otros.

Se entiende por gestión un conjunto de *capacidades* que permiten el intercambio y procesamiento de información de gestión (alarmas, sincronización, etc.) a fin de ayudar a la administración de la red a realizar sus actividades con eficiencia. Una RGT proporciona funciones de gestión para redes y servicios de telecomunicaciones, y ofrece comunicaciones entre ella misma y las redes y servicios de telecomunicaciones. Una red de telecomunicaciones consta de equipos de telecomunicaciones digitales y analógicos y de equipos soporte asociados; y un servicio de telecomunicaciones consta de una gama de capacidades proporcionadas a los clientes.

La función básica de una RGT estriba en proporcionar una arquitectura organizada a fin de conseguir la interconexión entre diversos tipos de sistemas de operaciones (OS, operations systems) y/o equipos de telecomunicaciones para el intercambio de información de gestión utilizando una arquitectura convenida y con interfaces normalizadas, incluidos protocolos y mensajes. Es decir, la TMN define la relación entre los bloques funcionales básicos constituyentes de la red (sistemas de operación, red de comunicación de datos, elementos de red, etc.) a través de interfaces estándares.

Una red de telecomunicaciones consta de diversos tipos de equipos de telecomunicaciones analógicos y digitales y equipos de soporte, por ejemplo: sistemas de transmisión, sistemas de conmutación, multiplexores, terminales de señalización, procesadores frontales, controladores de agrupaciones, etc. Considerados como entes gestionados, estos equipos reciben genéricamente el nombre de elementos de red (NE, network element).

Se indican a continuación ejemplos de redes, servicios de telecomunicaciones y tipos principales de equipo que pueden ser gestionados por la RGT:

- redes públicas y privadas, incluidas las ISDN de banda estrecha y de banda ancha, ATM, redes telefónicas privadas, redes privadas virtuales y redes inteligentes.
- la propia RGT
- terminales de transmisión (multiplexores, transconectores, equipos de modulación de canal, jerarquía digital síncrona, etc.)
- sistemas de transmisión digitales y analógicos (cable, fibra, radio, satélite, etc.)
- sistemas de restauración
- sistemas de operaciones y sus periféricos
- computadoras principales, procesadores frontales, controladores de agrupaciones, servidores, etc.
- centrales digitales y analógicas
- redes de área (amplia, metropolitana o local)
- redes con conmutación de circuitos y de paquetes
- terminales y sistemas de señalización, incluidos los puntos de transferencia de las señales (STP, signal transfer points) y bases de datos en tiempo real
- servicios portadores y teleservicios
- centralitas privadas, accesos a centralitas privadas y terminales de usuario (cliente)
- terminales de usuario RDSI
- soporte lógico proporcionado por o asociado a servicios de telecomunicaciones, por ejemplo: soporte lógico de conmutación, directorios, bases de datos de mensajes, etc.

La RGT ha sido concebida para soportar una gran diversidad de áreas de gestión que abarcan la planificación, instalación, operaciones, administración, mantenimiento y la puesta en servicio de redes de telecomunicaciones y la prestación de servicios. La funcionalidad de la RGT se basa en la capacidad para:

- intercambiar información de gestión a través de la frontera entre el entorno de telecomunicaciones y el entorno RGT
- intercambiar información a través de las fronteras entre entornos RGT
- convertir información de gestión de un formato a otro, con objeto de que la información de gestión que fluya dentro del entorno de la RGT sea coherente
- transferir información de gestión entre ubicaciones internas al entorno RGT
- analizar y reaccionar apropiadamente a la información de gestión

- manipular información de gestión de modo que adquiriera una forma útil y/o apropiada para el usuario de información de gestión
- entregar información de gestión al usuario de dicha información, y para presentarla en una forma de representación apropiada
- asegurar a los usuarios de información de gestión autorizados un acceso seguro a dicha información

La RGT ofrece a los administradores la posibilidad de lograr una gran diversidad de objetivos de gestión, en específico:

- minimizar los tiempos de reacción de gestión ante eventos de la red
- minimizar la carga causada por el tráfico de gestión cuando se utiliza la red de telecomunicaciones para transportarlo
- posibilitar la dispersión geográfica del control sobre aspectos de la operación de red
- proporcionar mecanismos de aislamiento para minimizar los riesgos de seguridad
- proporcionar mecanismos de aislamiento para localizar y contener las fallas en la red
- mejorar la asistencia de servicio y la interacción con los clientes

Las recomendaciones que regulan la TMN son las de la serie M.3XXX de la UIT-T. En éstas se definen los siguientes modelos y arquitecturas:

- Arquitectura física: estructura y entidades de la red.
- Modelo organizativo: niveles de gestión.
- Modelo funcional: servicios, componentes y funciones de gestión.

## **Arquitectura física**

Proporciona la manera de transportar la información de los procesos relacionados con la gestión de las redes de telecomunicaciones. Los componentes que forman esta arquitectura física son los siguientes:

- Sistemas de operaciones (OS)
- Redes de comunicaciones de datos (DCN)
- Dispositivos mediadores (MD)
- Estaciones de trabajo (WS)
- Elementos de red (NE)
- Adaptadores Q (QA)

Las interfaces TMN se basan en conceptos del modelo de referencia OSI, a continuación una breve descripción de ellas:

- Interfaz Qx: es una interfaz apropiada para pequeños elementos de red que requieren unas pocas funciones. Utilizada normalmente por los elementos de red y los dispositivos mediadores mas complejos.
- Interfaz Q3: soporta un complejo conjunto de funciones y requiere el servicio de bastantes protocolos para ofrecerlas.
- Interfaz X: soporta el conjunto de funciones para la interconexión de diferentes sistemas de operaciones, ya sea entre entornos de TMNs o no. Requiere de las 7 capas del modelo OSI. Los mensajes y protocolos definidos para la interfaz X podrían usarse igualmente en la interfaz Q3.
- Interfaz F: soporta el conjunto de funciones para la interconexión de estaciones de trabajo con componentes físicos de la red de comunicaciones.

## **Modelo Organizativo**

Esta etapa establece las siguientes capas de gestión:

- Gestión comercial
- Gestión de servicios
- Gestión de red
- Gestión de elementos de red
- Elementos de red

### *Gestión comercial*

Soportada por un sistema de operación comercial (OS) con las siguientes funciones asociadas:

- Gestión completa y responsabilidad de empresa total
- Tarea de asignación de objetivos
- Acción ejecutiva

### *Gestión de servicios*

Soportada por un sistema de operación de servicios (OS) con las siguientes funciones:

- Interfaz con clientes y otras administraciones
- Interacción con proveedores de servicios
- Mantenimiento de datos estadísticos
- Interacción entre servicios

### *Gestión de red*

Soportada por un sistema de operación de red (OS) con las siguientes funciones:

- Provisión, cese o modificación de las capacidades de la red para el soporte de servicios a clientes
- Control y coordinación de todos los elementos de la red con su ámbito y dominio

## *Gestión de elementos de red*

Soportada por un sistema de operación de elementos de red (OS, MD) con las siguientes funciones:

- Mantenimiento estadístico, control y coordinación de elementos de red

## **Modelo Funcional**

Se compone de bloques de servicios, componentes y funciones de gestión. La idea consiste en descomponer las funcionalidades de mayor a menor nivel en bloques reaprovechables.

## *Servicios de gestión TMN*

Los servicios de gestión que se definen son del siguiente tipo:

- Administración de abonados; de encaminamiento y análisis de dígitos; de medidas y análisis de tráfico; y de tarificación.
- Gestión de la seguridad de la TMN; de tráfico, del acceso de abonado, de circuitos entre centrales y equipo asociado; de la red de conmutación; del servicio controlado por el abonado; del sistema de señalización por canal común; de redes inteligentes, de la TMN.
- Administración de instalación del sistema; de calidad de servicio y funcionamiento de la red.
- Reestablecimiento y recuperación.
- Programa de trabajo del personal.

## *Funciones de gestión*

Para la vigilancia de alarmas, por ejemplo, se tienen las siguientes funciones:

- De informes de alarmas
- De informes resumidos de alarmas
- De criterios de sucesos de alarmas
- De gestión de indicación de alarmas
- De control de registro de alarmas

## *Implementación física de las funciones de la TMN*

La implementación física de sistemas de gestión ha seguido una progresión con el tiempo desde sistemas centralizados (sistemas de operaciones con toda la inteligencia y elementos de red sin inteligencia) a sistemas distribuidos (sistemas de operaciones con inteligencia distribuida, centros de gestión de subred, elementos de red inteligentes).

La estrategia de diseño de una TMN depende en gran medida de la topología y las posibilidades de las redes de telecomunicaciones, que la TMN deberá gestionar. La aproximación tradicional para proporcionar comunicaciones entre elementos de red (NE) y que los soporten sistemas de operaciones (OS) es diseñar una TMN dedicada. Sin embargo, con los modernos NE inteligentes, y la diversidad de caminos para proporcionar robustez a la red frente a fallas, hacen que esta aproximación no sea la más económica.

#### 4.1.1. Topologías

Se llaman topologías de red a las diferentes estructuras de intercomunicación en que se pueden configurar las redes de telecomunicaciones. Cada topología de red lleva asociada una topología física y una topología lógica. La primera define la estructura física de la red, es decir, la manera en que se interconectan los diversos elementos que forman parte de la red. La topología lógica es un conjunto de "reglas" asociadas a la topología física, define el modo en que se gestiona la transmisión de datos a través de la red. Una topología influye en el flujo de la información (por ejemplo: velocidad de transmisión), en el control de la red y en la expansión y actualización de la misma. La topología de una red es una representación abstracta de cómo interactúan los dispositivos en la red. Hay varios tipos de topologías: en árbol, estrella, bus, etc. Para la Jerarquía Digital Síncrona, se pueden observar en las figuras 4.3a y 4.3b varias topologías entre ellas una topología típica SDH.

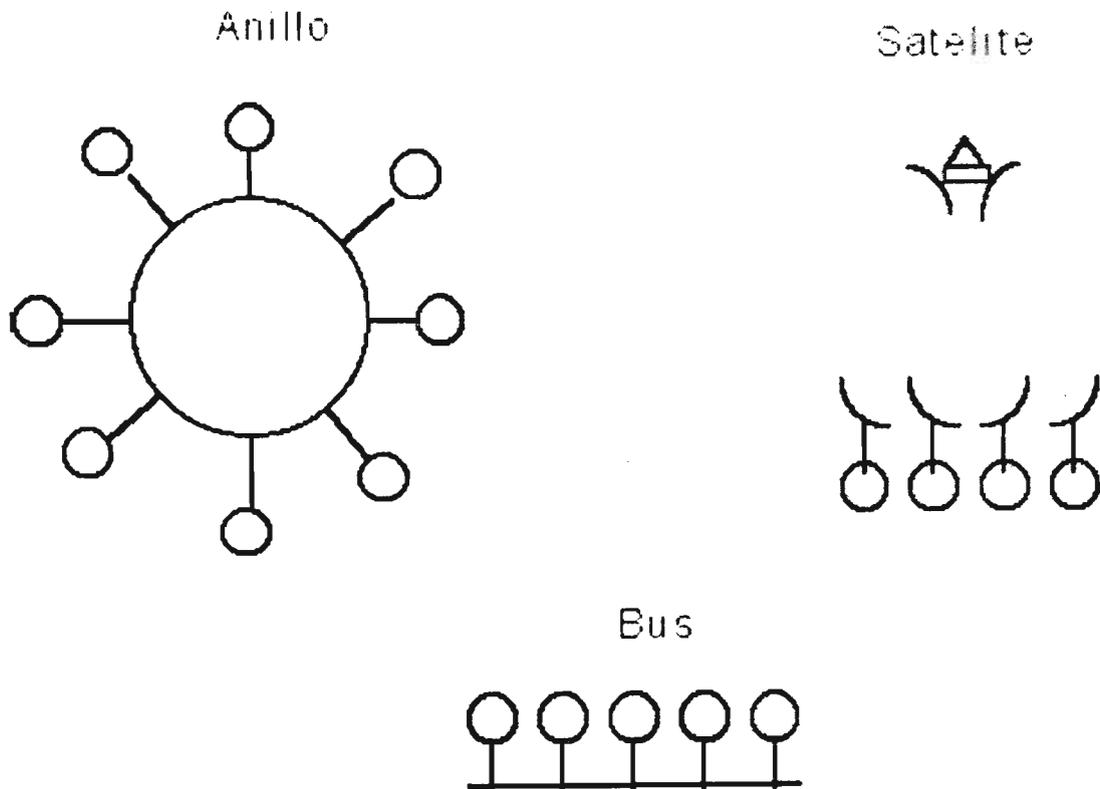


Figura 4.3 a. Topologías básicas

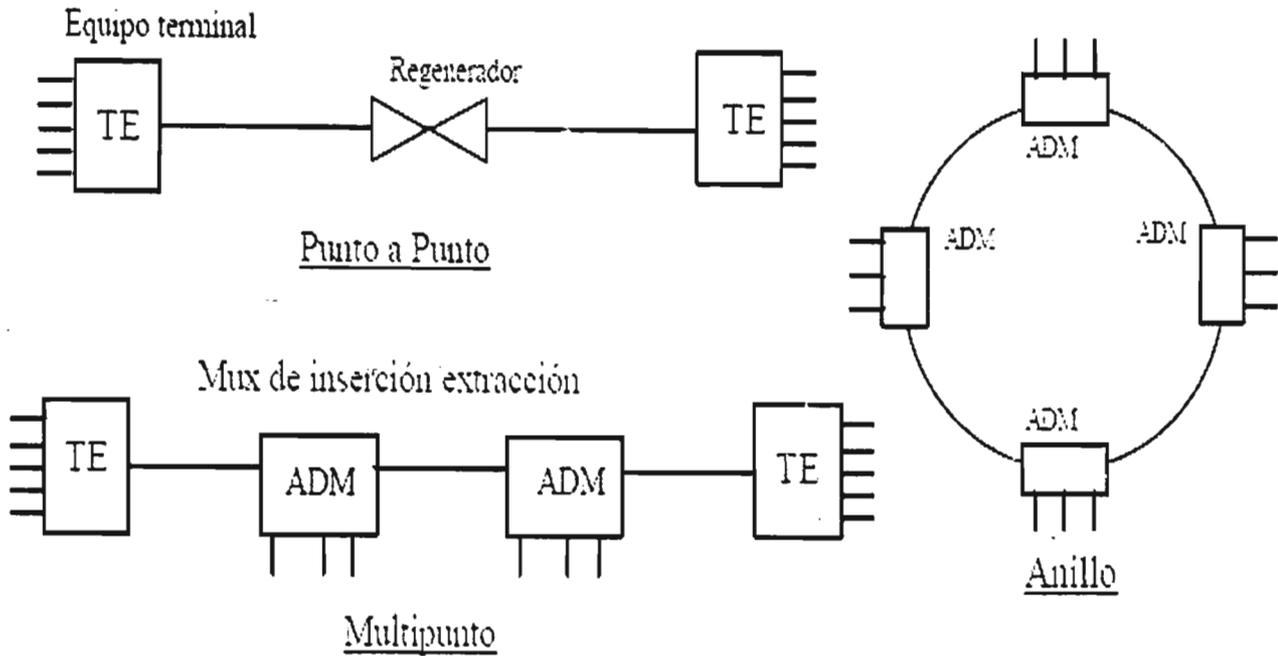


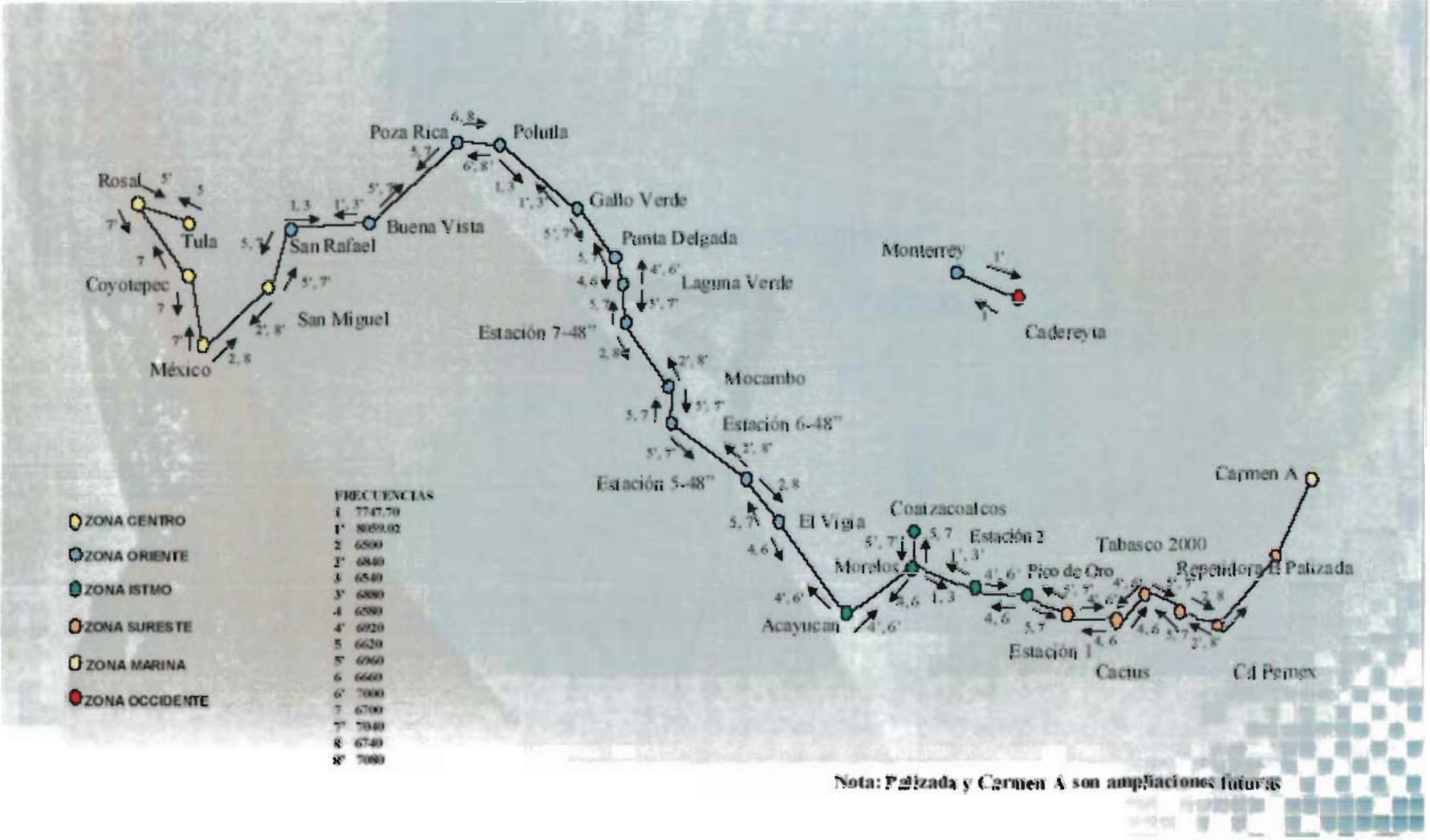
Figura 4.3 b. Topologías SDH

La Red de Microondas de PEMEX esta basada en cinco subsistemas, según se puede observar en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Sistemas de microondas

ABREVIACION	MICROONDAS DIGITALES	MARCA
CCPMSG	C.CARMEN-POZA R-MEX-SALA-GUAD	NEC
TDG	TRONCAL DUCTOS GOLFO	SIEMENS
TIST	TRANSISMICO	ALCATEL
MAR	AREA MARINA	ALCATEL
MPMRGP	MEX-PR-MY-RY-GP	HARRIS

Asimismo, el sistema de microondas esta estructurado en tres sub-topologías denominadas: **SISTEMA DE MICROONDAS DIGITAL SDH SIEMENS, SISTEMA DE MICROONDAS DIGITAL SDH ALCATEL Y SISTEMA DE MICROONDAS DIGITAL SDH HARRIS.** Estas sub-topologías forman parte de la topología total de la Red de Microondas de PEMEX. Las figuras 4.4 a 4.7 ilustran la estructura de la misma.

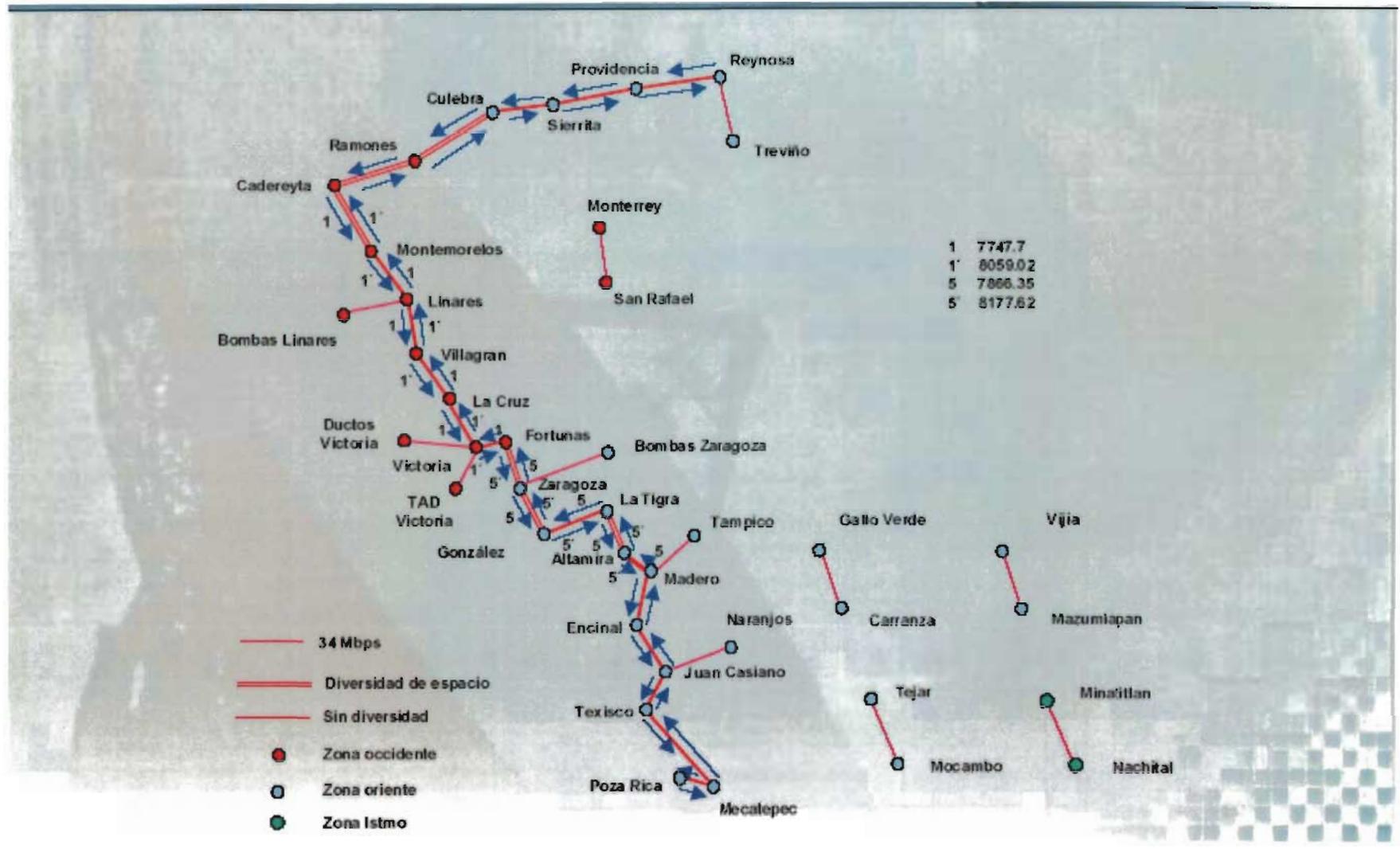


Nota: Patizada y Carmen A son ampliaciones futuras

Figura 4.4. SISTEMA DE MICROONDAS SDH SIEMENS



Figura 4.6. SISTEMA DE MICROONDAS SDH HARRIS



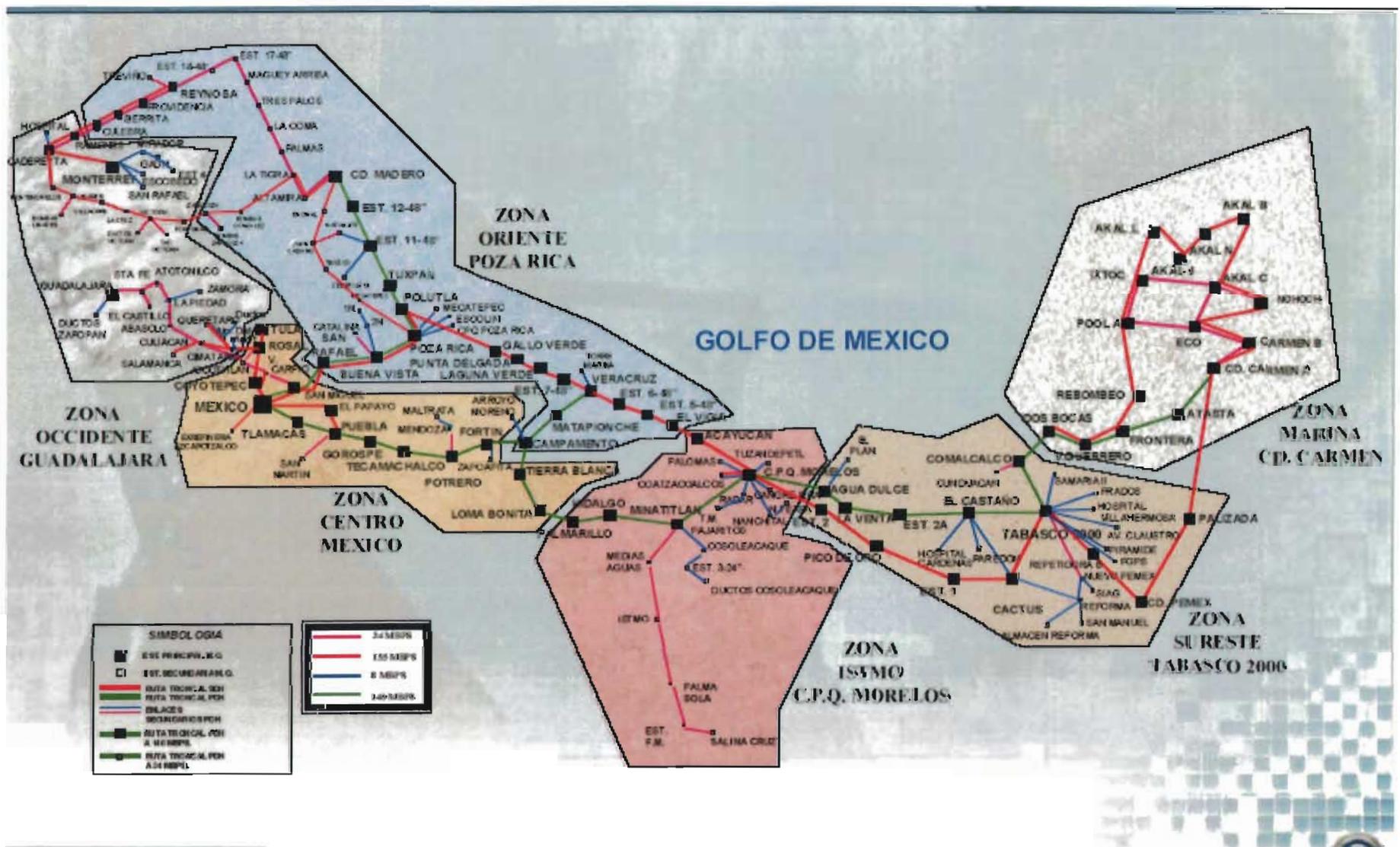


Figura 4.7. RED DE MICROONDAS DE PEMEX

La distribución de las estaciones en la red se muestra en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Distribución de estaciones por zonas**

ZONA	TOTAL DE ESTACIONES	ESTACIONES DE 155 MBPS	ESTACIONES DE 140 MBPS	ESTACIONES DE 34 MBPS	ESTACIONES DE 8 MBPS
CENTRO	22	10	9	6	5
ISTMO	21	3	4	7	11
SURESTE	28	8	6	4	17
MARINA	16	15	5	7	0
ORIENTE	50	26	6	22	14
OCCIDENTE	1	0	0	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>138</b>	<b>62</b>	<b>30</b>	<b>47</b>	<b>48</b>

ZONA	TOTAL DE DIRECCIONES	DIRECCIONES DE 155 MBPS	DIRECCIONES DE 140 MBPS	DIRECCIONES DE 34 MBPS	DIRECCIONES DE 8 MBPS
CENTRO	54	18	20	11	5
ISTMO	48	6	8	12	22
SURESTE	67	16	12	4	35
MARINA	52	29	9	14	0
ORIENTE	126	53	20	39	14
OCCIDENTE	72	24	0	22	26
<b>TOTAL</b>	<b>419</b>	<b>146</b>	<b>69</b>	<b>102</b>	<b>102</b>

El total de estaciones por sistema se observa en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Estaciones por sistema**

SISTEMA	ESTACIONES DE 155	ESTACIONES DE 140	ESTACIONES DE 34
MEXICO - CD CARMEN		27	3
MEXICO - POZARICA		5	1
MEXICO - GUADALAJARA	9		7
POZA RICA - MADERO		6	
PLATAFORMAS			10
REYNOSA - MONTERREY	1		6
MADERO - REYNOSA			10
TRANSISMICO			6
MEXICO - PAPAYO - PUEBLA	3		
MEXICO - POZARICA - CD CARMEN	26		2
MEXICO - SALMANCA	9		1
DOS BOCAS - CD CARMEN	15		
MONTERREY - CADEREYTA	2		

#### 4.1.2. Radios Digitales

Los radios son los dispositivos que permiten adecuar la señal (potencia, frecuencia, etc.) para que esta pueda ser radiada a la atmósfera. Generalmente están divididos en tres etapas: banda base, frecuencia intermedia y radio frecuencia. Las figuras 4.8 y 4.9 muestran el diagrama a bloques de un radio SDH.

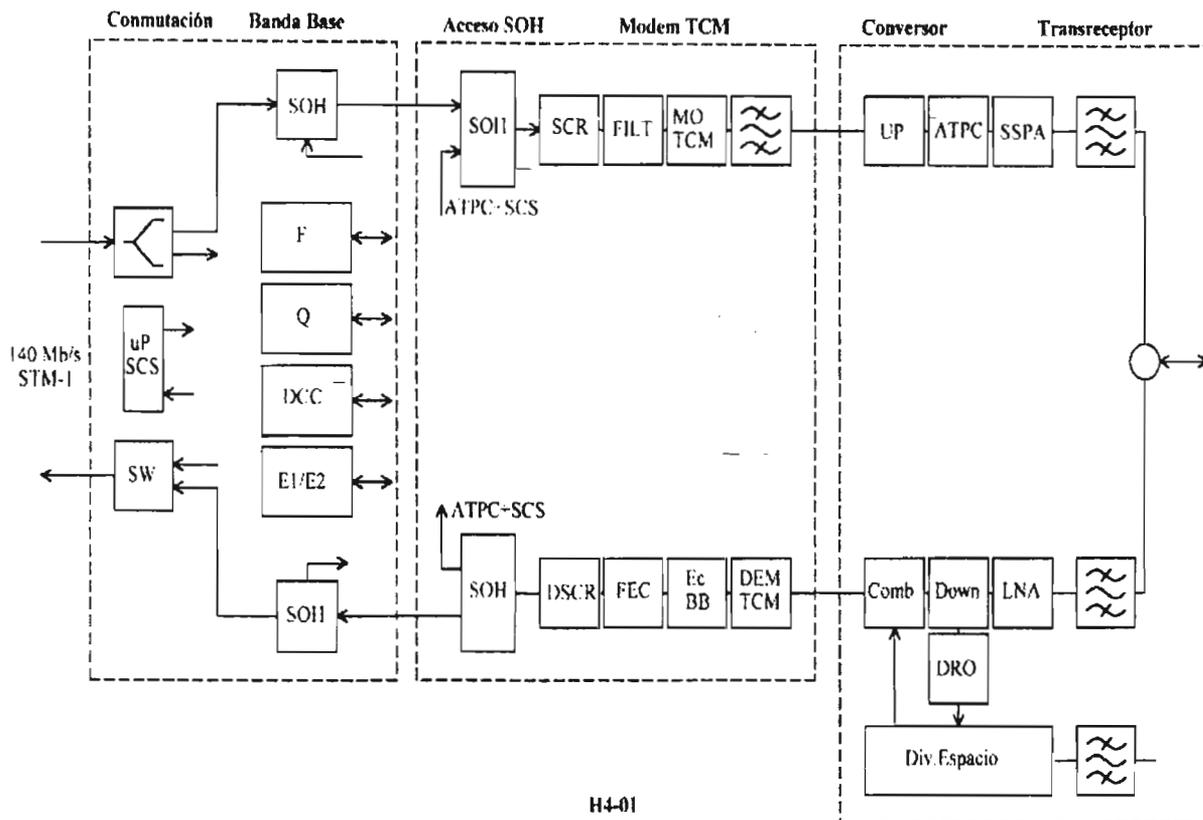


Figura 4. 8. Diagrama a bloques de un radio SDH general



## **Banda base**

La etapa de banda base tiene las siguientes funciones:

- Formación de una trama de datos
- Permite efectuar el alineamiento de trama
- Ofrece suficiente capacidad de tráfico adicional para canales de servicio para hablar **EOW** (*Orderwire*)
- Transporta canales de datos para supervisión y gestión
- Adiciona bits de paridad para el control de errores y emisión de alarmas
- Permitir la protección del tipo N+1
- Temporización del aparato
- En sistema SDH el sincronismo se toma desde la red

## **Frecuencia intermedia**

La etapa de frecuencia intermedia continúa luego de la etapa de banda base y tiene como objetivo la codificación y la modulación de la señal digital. Las funciones de esta etapa son:

- Codificación y decodificación de la señal digital
- Filtrado del canal antes del modulador
- Ecuación en recepción de la señal demodulada
- Generación del oscilador local para el modulador
- Modulación y demodulación de la señal digital filtrada para obtener la frecuencia intermedia
- Filtrado de la frecuencia intermedia

## **Radiofrecuencia**

Las funciones asociadas a la etapa de radiofrecuencia son las siguientes:

- Entrada de la frecuencia intermedia
- Generador del oscilador local de RF
- Conversión Up y Down desde IF hacia RF en transmisión y recepción
- Control automático de ganancia a nivel de IF en recepción
- Amplificación de potencia en transmisión y bajo ruido en recepción
- Control de potencia ATPC y linealizador de RF

PEMEX tiene varios proveedores de radios SDH, entre ellos SIEMENS, HARRIS y ALCATEL. Cada uno tiene sus propias características, sin embargo, en lo fundamental son muy similares ya que tienen que cumplir con los estándares de la UIT. Las diferencias radican en los servicios de valor agregado, en las posibilidades de expansión, etc. A manera de ejemplo, se mostraran las características de uno solo de ellos: el radio SDH fabricado por Siemens.

### **Radio SDH de Siemens**

El equipo SRT 1C de Siemens, ilustrado en la figura 4.10, cuenta con una capacidad de transporte equivalente a 1xSTM-1 para la portadora, con posibilidad de disponer de interfaces intercambiables: 1 x STM-1 eléctrica o bien 1xSTM-1 óptica. Este equipo tiene un esquema de modulación basado en la codificación Trellis de 64/128 (TCM); el radio tiene de este modo la eficiencia espectral neta requerida que se traduce en muy buenos resultados en términos del BER.

### **Principales características**

Se utiliza la modulación 64/128 TCM para contrabalancear el 11,7% de incremento de la capacidad, que se tiene al pasar de 139.264 Mbps a 155.52 Mbps sin tener que recorrer en valores críticos de roll-off y manteniendo la misma eficiencia espectral de un sistema de 16/64 QAM. Este radio tiene un modulador TCM "programable en fábrica", capaz de gestionar tanto la modulación de 128 TCM (con separación entre canales de 28/30 MHz) como la modulación de 64 TCM (con separación de 40 MHz) para la transmisión de una señal STM-1. Algunas características se listan enseguida.

- Control automático de potencia de transmisión (ATPC) para reducir la interferencia, incrementar la ganancia del sistema y reducir la BER en condiciones normales
- Linealizador del amplificador de potencia de RF en estado sólido
- Linealizador RF
- Gestión de los servicios digitales en (SOH y POH) de acuerdo con la estrategia del ITU-T/ITU-R/ETSI

Estas particularidades permiten incrementar la ganancia del sistema, reducir el hardware, reducir el consumo, aumentar la confiabilidad y en general responder a las exigencias de una red SDH. Además, los sistemas de radio síncronos permiten el acceso a la red de gestión TMN gracias a la unidad controladora y a la unidad MCF (Message Communication Function) mediante los canales DCC (Digital Communication Channels).

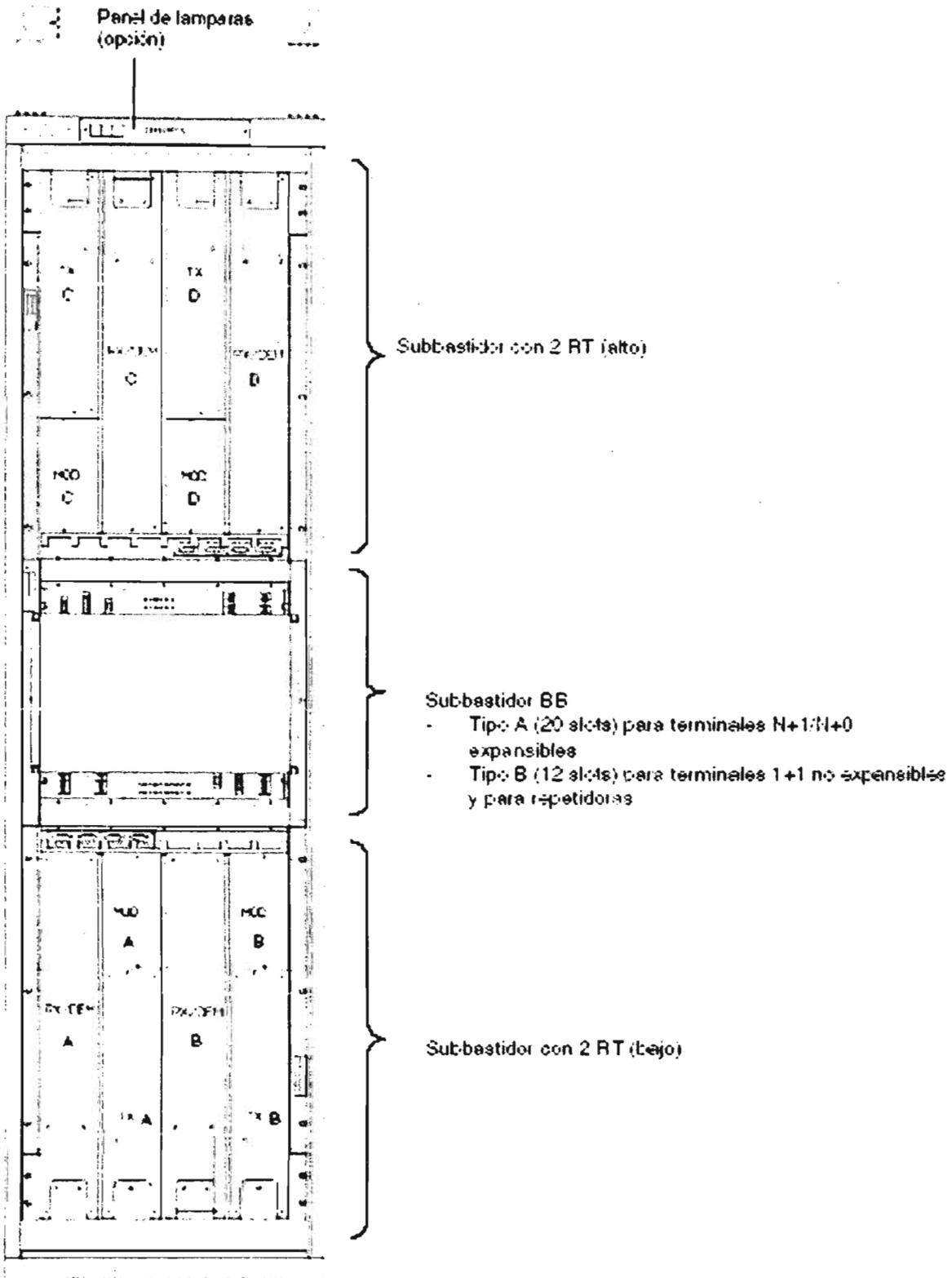


Figura 4. 10. Equipo de radio SDH

## **Estructura mecánica**

Las unidades del tipo plug-in se insertan en el subbastidor, el que a su vez se monta en un bastidor de 2200x600x300 mm (altura x largo x profundidad) de acuerdo con el estándar EE3 definido por ETSI. De esta manera se permite la instalación frontal de las partes del radio, de los módems, de la unidad Banda Base y Servicios, manteniendo la estructura de bloques (cada bloque implementa funciones diferentes), para permitir un fácil cambio de diversas configuraciones de la estación. La compatibilidad mecánica permite alojar los 4 grupos de transreceptores y módems con los respectivos moduladores en el mismo bastidor, además del subbastidor Banda Base.

En la figura 4.11 muestra el *layout* típico para una estación terminal en la configuración 7:1 enlaces. La pantalla de la unidad de inserción y de los subbastidores satisface los requisitos de compatibilidad electromagnética (EMC) en lo que respecta las unidades sensibles a las descargas electrostáticas. Un panel de conexiones del subbastidor de banda-base, libremente accesible desde la parte frontal, suministra los accesos a las interfaces eléctricas y ópticas externas. El equipo permite interconexiones a nivel del subbastidor, suministra indicaciones locales de las alarmas y permite la conexión hacia el la RGT.

## **Integración en la red**

El radio sincrónico está integrado en el mismo sistema de gestión común a todos los Elementos de Red (NE) SDH para garantizar una gestión única y centralizada, característica funcional de las redes SDH. Este enfoque "integrado" le permite al operador tener una visión total de la red; tanto el sistema de radio como todos los otros elementos de red SDH pueden verse en el nivel del estrato de control de red; análogamente la funcionalidad de la gestión de los elementos adopta una filosofía común a la misma interfaz HCI (Human-to-Computer Interface). Además, el respeto de las últimas recomendaciones ITU-T permite incluso una solución unificada tanto para la manipulación y el direccionamiento de la información de gestión como para los canales de servicio.

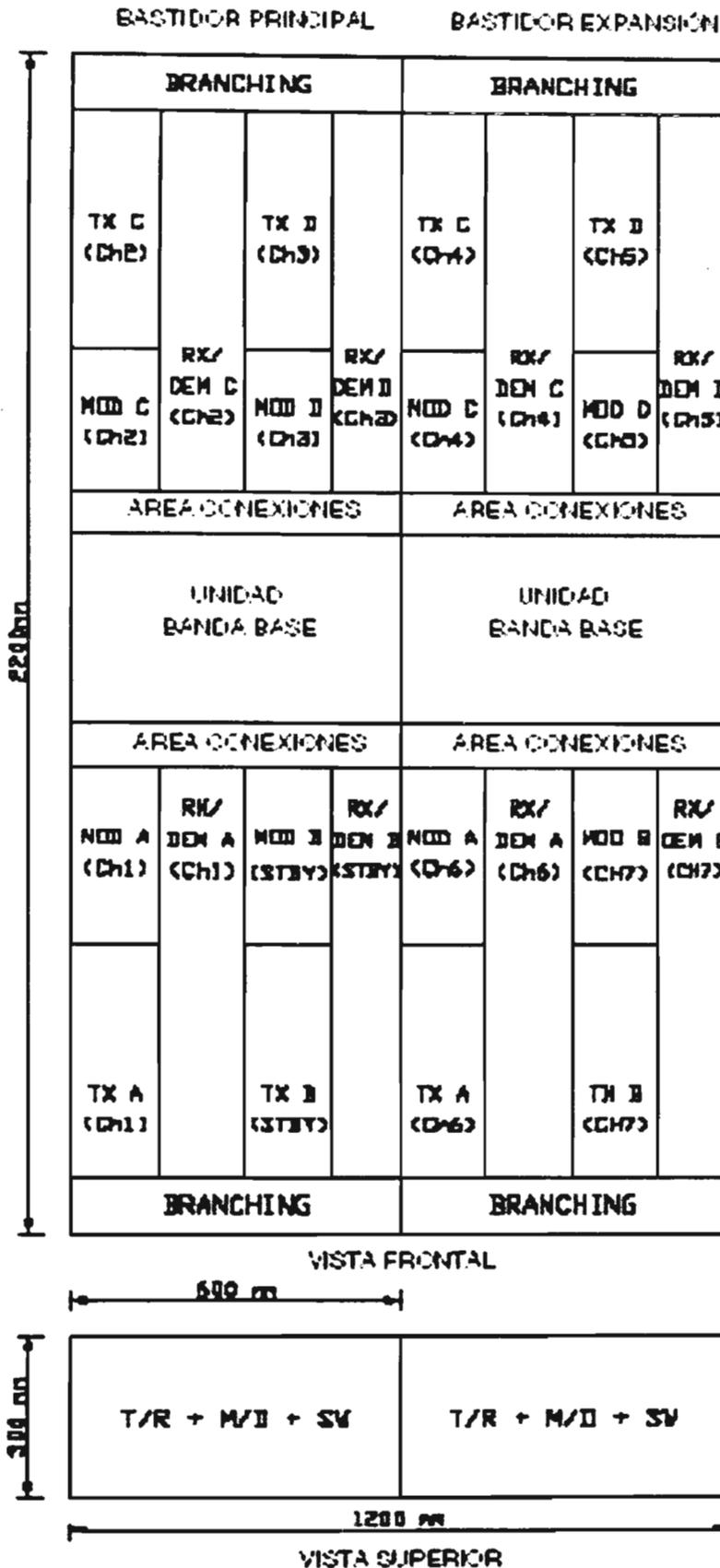


Figura 4. 11. Bastidor de una estación terminal 7:1

## Transmisor

El transmisor recibe la señal de IF a 70 MHz proveniente del modulador 64/128 TCM y la envía, después de la conversión adecuada a RF y amplificación, a los dispositivos de separación. La figura 4. 12 muestra el diagrama a bloques correspondiente.

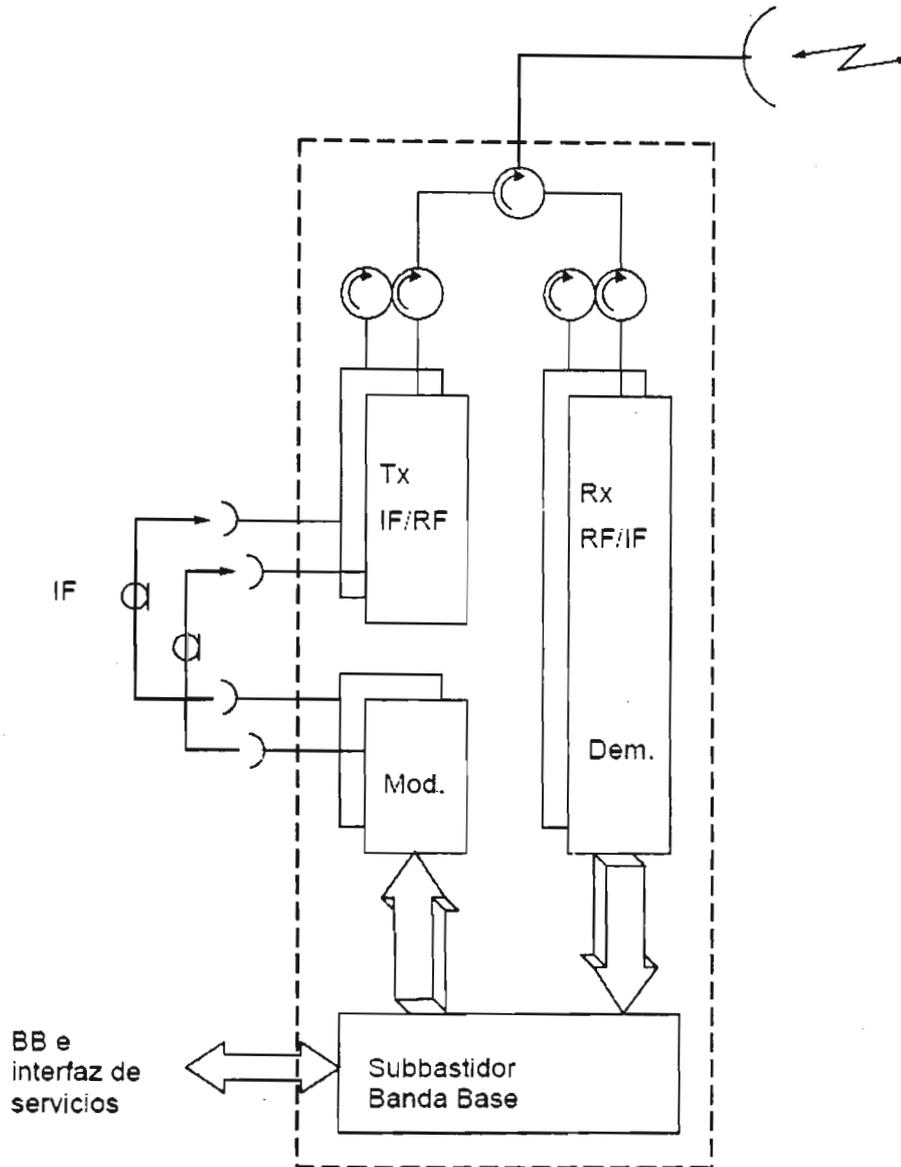
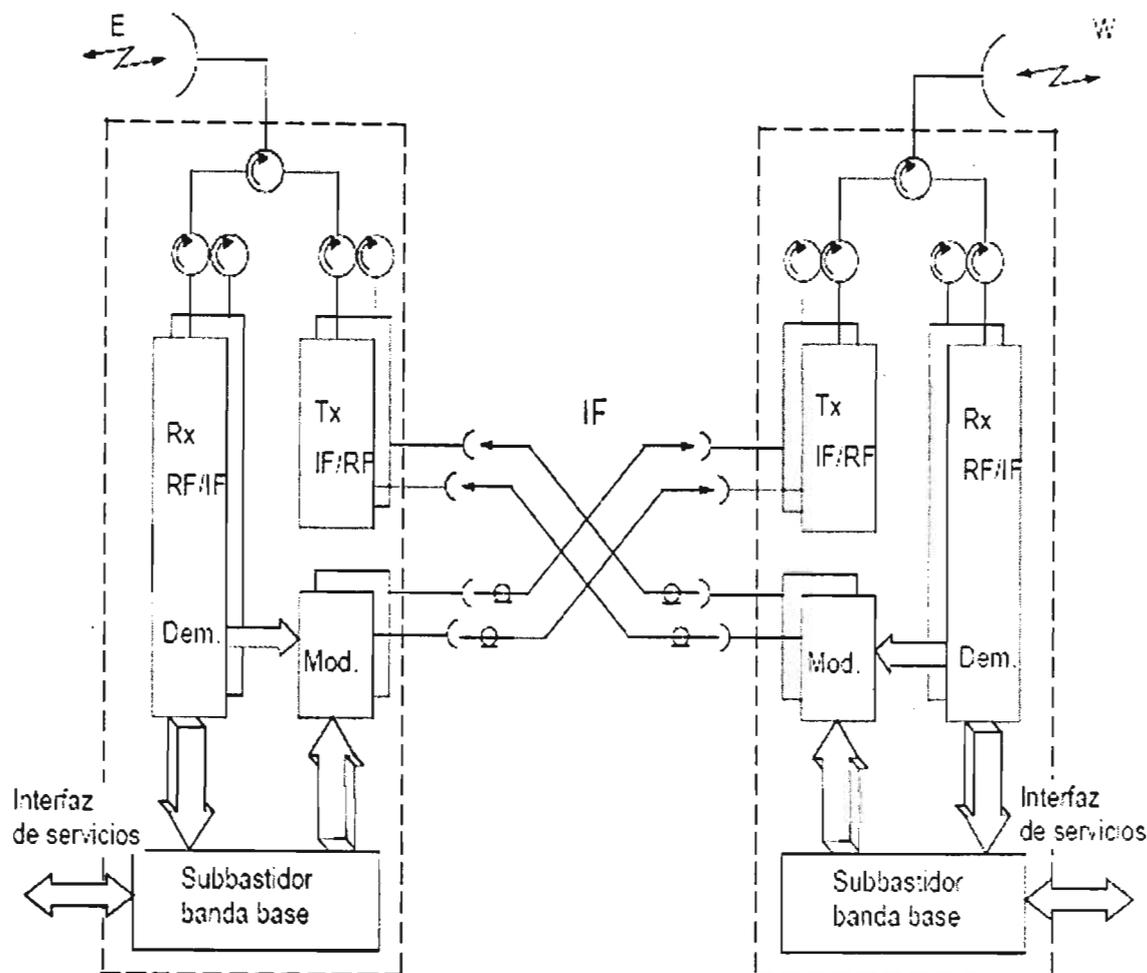


Figura 4. 12. Diagrama a bloques del radio SDH Siemens



**Figura 4. 13. Diagrama a bloques de un repetidor**

La señal de IF a 70 MHz proveniente desde el modulador 64/128TCM es enviada a la subunidad de IF que contiene un ecualizador de fase para permitir compensar el retardo introducido por el filtro. Un detector colocado en la línea de entrada de IF monitorea un circuito, que comanda el encendido de un LED y activa una alarma elaborada en la subunidad "alarmas de Tx".

El oscilador local entrega la portadora de RF, la conversión se forma mediante un FET y un oscilador DRO (Oscilador de Resonancia Dieléctrica) cuya finalidad es estabilizar la frecuencia generada. La unidad OL (Oscilador Local) es igual al empleado en el receptor; cuando se usa en el transmisor realiza también la función de up-converter. Esta unidad se encuentra provista de un conector auxiliar que se usa como entrada para la frecuencia de IF. Un filtro pasa banda, colocado a la salida del conversor y centrado en la frecuencia de RF, permite atenuar la frecuencia del OL. Sobre la parte frontal del módulo se dispone de un LED de alarma que se enciende cuando la señal cae debajo de los  $6 \pm 2$  dB respecto de la nominal.

La señal de RF es enviada a una primera unidad amplificadora; en una siguiente etapa se atenúa por medio de un diodo controlado por el circuito de APTC (control automático de la potencia transmitida). La unidad contiene además un circuito de linealización para compensar la distorsión de amplitud introducida por la amplificación.

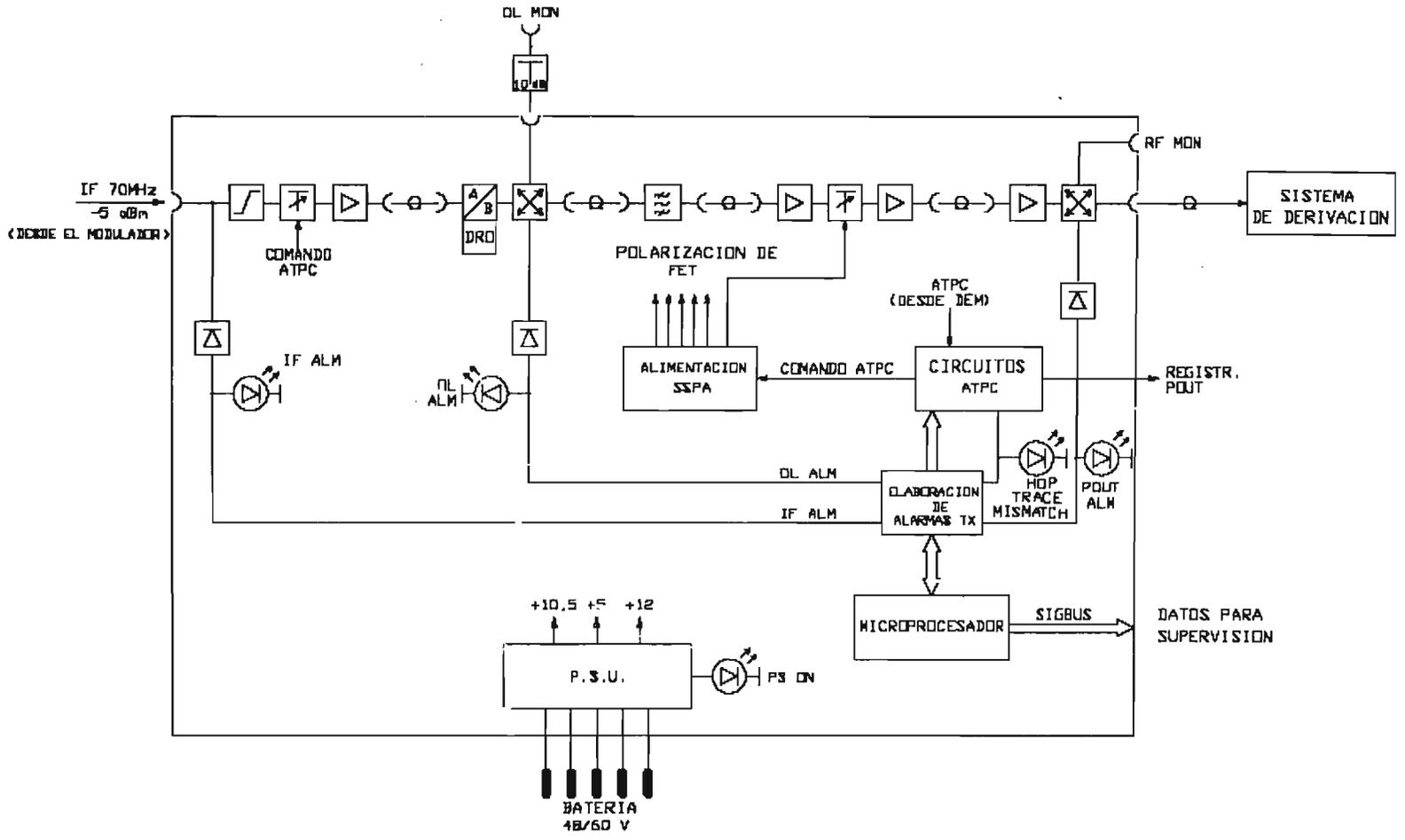


Figura 4. 14. Diagrama a bloques del transmisor

## Circuito ATPC

El circuito de ATPC se encuentra en condiciones de optimizar el valor de la potencia transmitida en función del valor de campo recibido desde el correspondiente receptor remoto, mejorando sensiblemente las características del sistema. El circuito de ATPC, además de controlar la ganancia del amplificador de RF, es también usado para monitorear un circuito de umbral que entrega una alarma óptica y un comando electrónico en caso de desenganche del loop del ATPC.

El nivel de la potencia de RF de salida se fija mediante el ATPC. En las figuras 4. 15 y 4. 16 se muestran los diagramas a bloques que ilustran el camino de la señal ATPC tanto en la estación terminal como en las repetidoras. En la trama STM-1 un byte del SOH se utiliza para las funciones de ATPC.

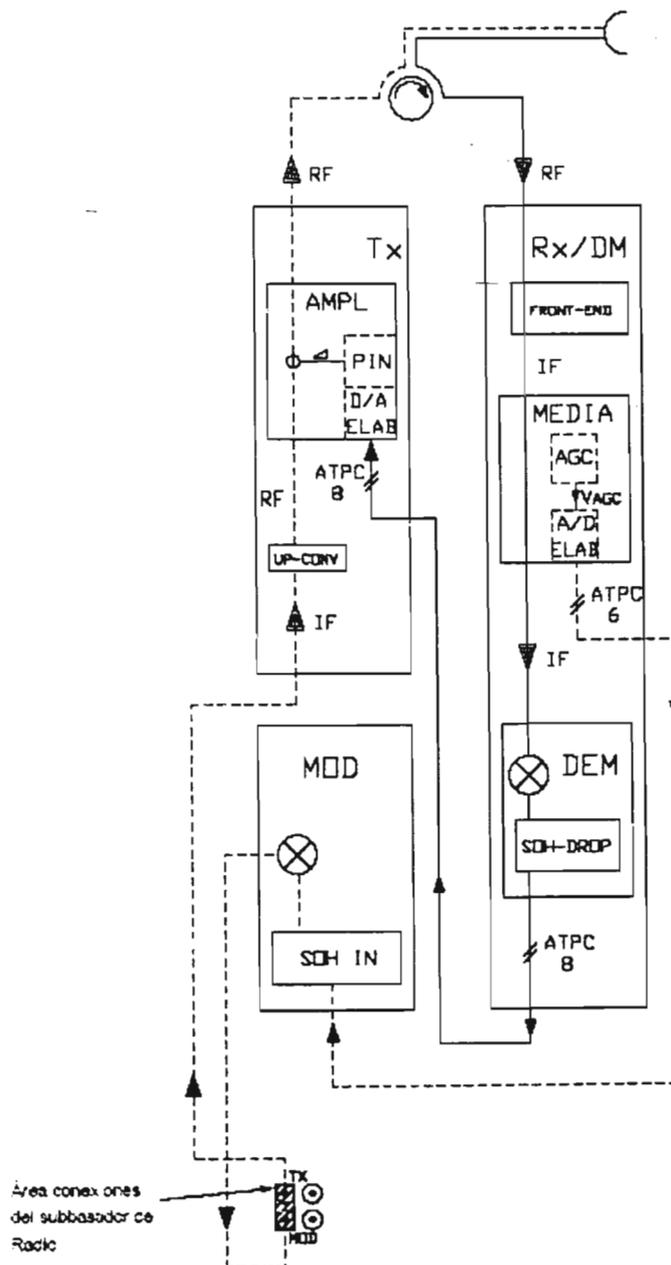


Figura 4. 15. Conexiones ATCP para terminal

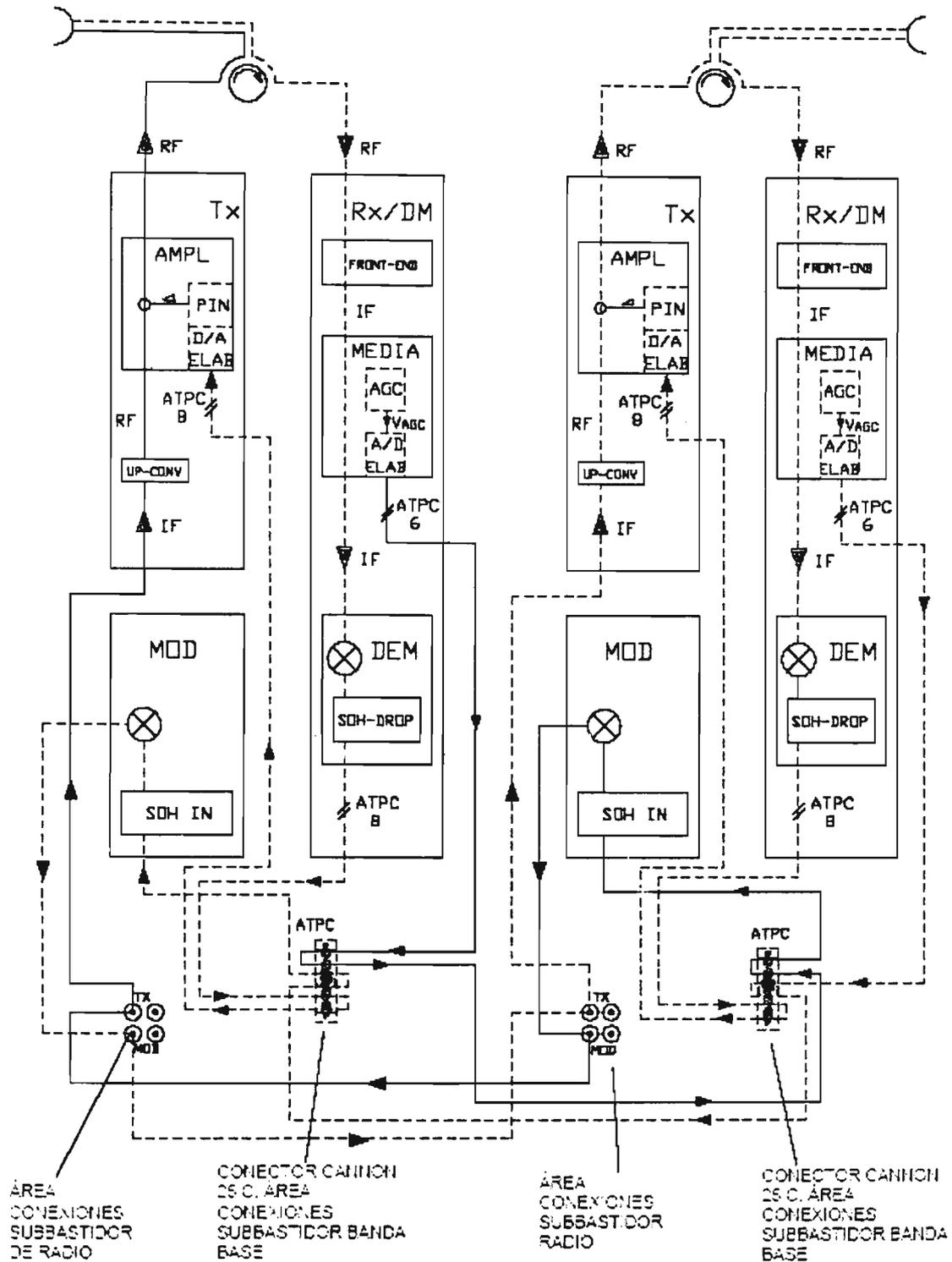


Figura 4. 16. Conexiones ATCP para repetidor

## Receptor

Su función es captar la señal de RF proveniente del sistema de separación, la convierte a frecuencia intermedia y, después del correspondiente filtrado y amplificación, la envía al demodulador 64/128 TCM. En la configuración con diversidad de espacio se utiliza, además del receptor principal, un segundo receptor (diversity) con combinador IF.

El receptor principal convierte la señal de RF en una señal de IF a 70 MHz y mantiene una elevada linealidad de amplitud para una amplia gama de señales de entrada. La señal de RF proveniente del branching Rx se conecta a la entrada de la unidad receptora RF. En el receptor de RF la señal, luego de atravesar un circulador de adaptación, es amplificada por un preamplificador de bajo ruido y luego enviada a un atenuador variable. El atenuador variable es controlado por la tensión de AGC proveniente de los circuitos de la unidad receptora de IF.

El oscilador local está constituido por un oscilador a FET estabilizado por un cilindro dieléctrico de alta constante dieléctrica que actúa como cavidad resonante. La señal del oscilador local encuentra al mezclador atravesando un doble acoplador. Sobre el primer acoplador se inserta un diodo detector que entrega una tensión continua utilizada para controlar un circuito que entrega la señalización óptica de alarma del OL y las alarmas y telegramas respectivos cuando la señal del OL desciende por debajo de un umbral prefijado. El segundo acoplador envía la señal del OL al módulo receptor para diversidad de espacio, si se encuentra presente. La combinación de las señales RF y OL produce la señal de IF. Esta última se amplifica y se envía a una cadena de IF mediante un puente coaxial presente en la parte posterior del módulo receptor. La cadena de IF está constituida por los siguientes circuitos:

- Un amplificador IF de alta ganancia y baja figura de ruido, seguido por un combinador que suma la señal de IF con la proveniente del receptor con diversidad de espacio; si ésta no está presente el combinador se excluye automáticamente
- Un filtro de RF para darle al receptor la necesaria selectividad
- Un ecualizador con el objetivo de compensar el retardo
- Un amplificador de IF de ganancia variable para mantener constante el nivel de salida a -5 dBm. La atenuación introducida es controlada por la tensión de AGC
- Un amplificador de salida con detector que entrega dos salidas de IF desacopladas entre sí y una componente de corriente continua proporcional al nivel de IF de salida

Un conmutador sobre la parte frontal del módulo permite la regulación automática o manual de ganancia del receptor. La tensión de AGC controla también un circuito de alarma que se activa cuando el campo de RF desciende debajo de un umbral prefijado.

## Receptor para diversidad de espacio

El receptor para diversidad de espacio convierte la señal de RF de diversidad en una señal de IF a 70 MHz. La señal de RF proveniente de los módulos de separación de Rx en diversidad de espacio se conecta a la entrada de la unidad receptor RF. En el receptor de RF la señal, luego de atravesar un circulador de adaptación, es amplificada por un preamplificador de bajo ruido y luego enviada a un atenuador variable. El atenuador variable es controlado por la tensión de AGC proveniente de la unidad receptor principal.

El software del microprocesador contiene una subrutina para inhibir la señal de IF en caso de falla del circuito del propio microprocesador. En este caso se inhibe también el funcionamiento del combinador del módulo receptor principal, permitiendo así el retiro de la señal de IF sólo del receptor principal. El microprocesador se inhibe en su funcionamiento cuando recibe un comando de alarma, generado por detectores adecuados, en ausencia de una de las 2 señales de IF provenientes del receptor principal o del receptor para diversidad de espacio.

La señal de IF de salida del conversor es enviada al amplificador de IF, constituido por un estado de amplificación de bajo ruido con 3 salidas desacopladas. La primera es usada como punto de monitoreo; la segunda se envía a un circuito detector para entregar una eventual alarma, mientras que la tercera se envía al combinador del módulo receptor principal mediante un conector coaxial accesible sobre la parte frontal.

La configuración con diversidad de espacio se usa en aquellos casos en los que el Dispersive Fade Margin (DFM) del haz no es capaz de garantizar los límites de fuera de servicio requeridos por la ITU-R.

El receptor en diversidad de espacio contiene un defasador variable; un microprocesador controla la rotación continua de 360° del mismo defasador. El microprocesador recibe la señal de AGC desde el amplificador de IF y entrega señales de control para el defasador.



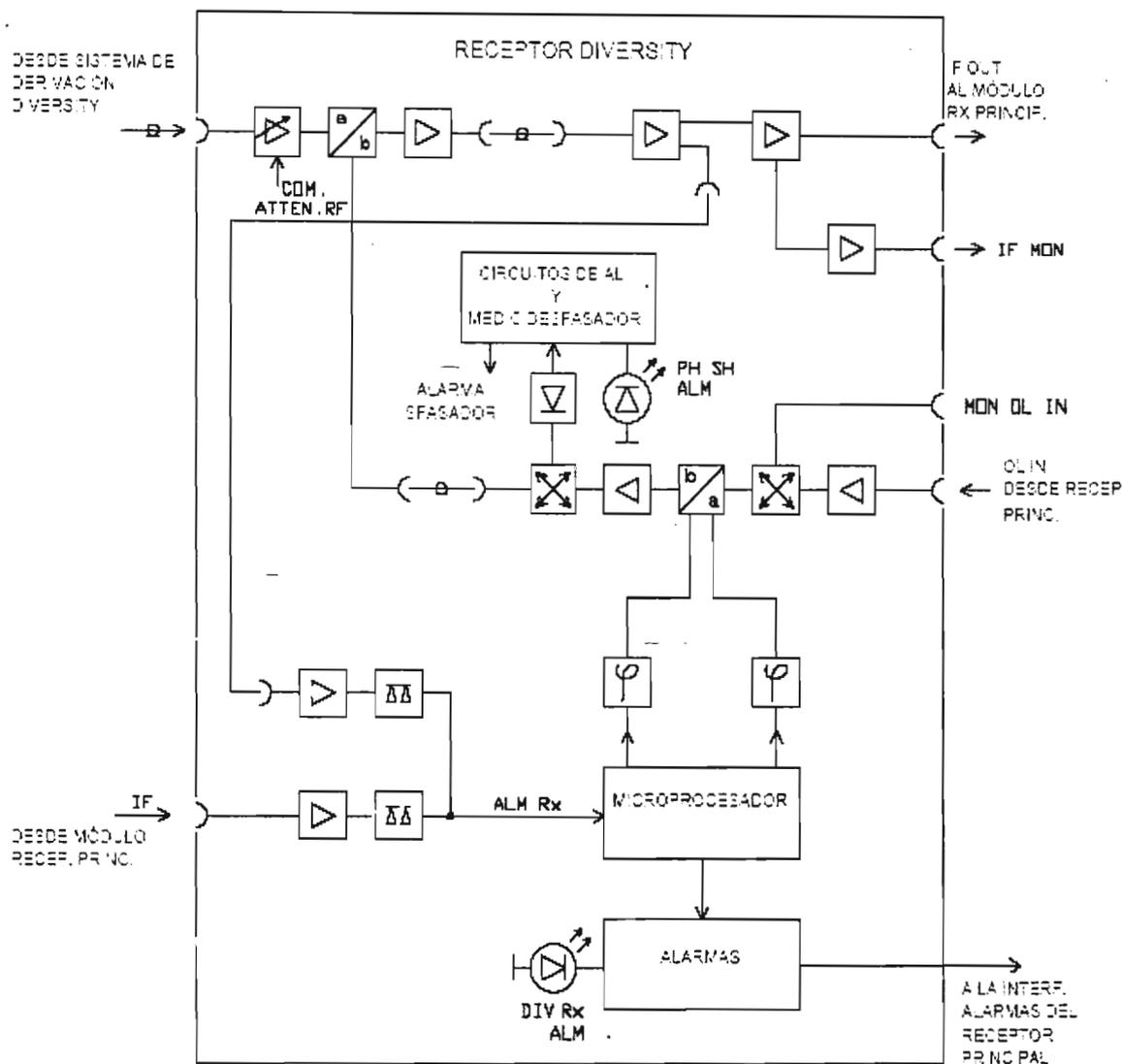


Figura 4. 18. Diagrama a bloques del receptor con diversidad de espacio

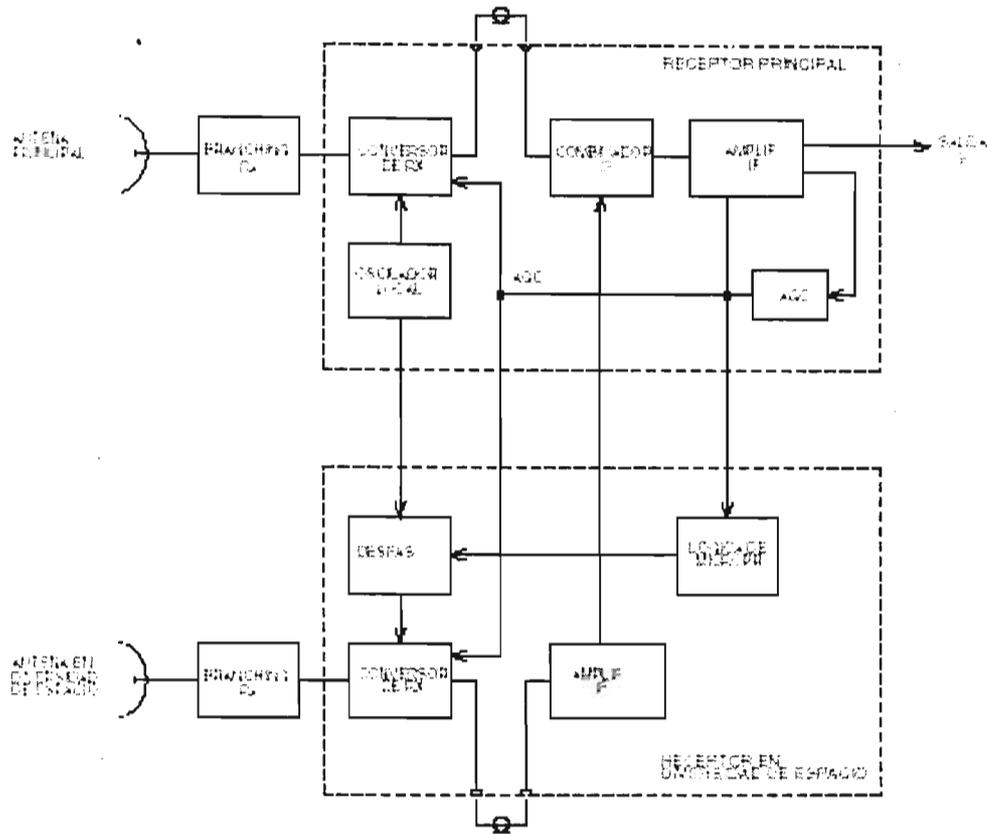


Figura 4. 19. Configuración con diversidad de espacio (con combinador IF y defasador en RF)

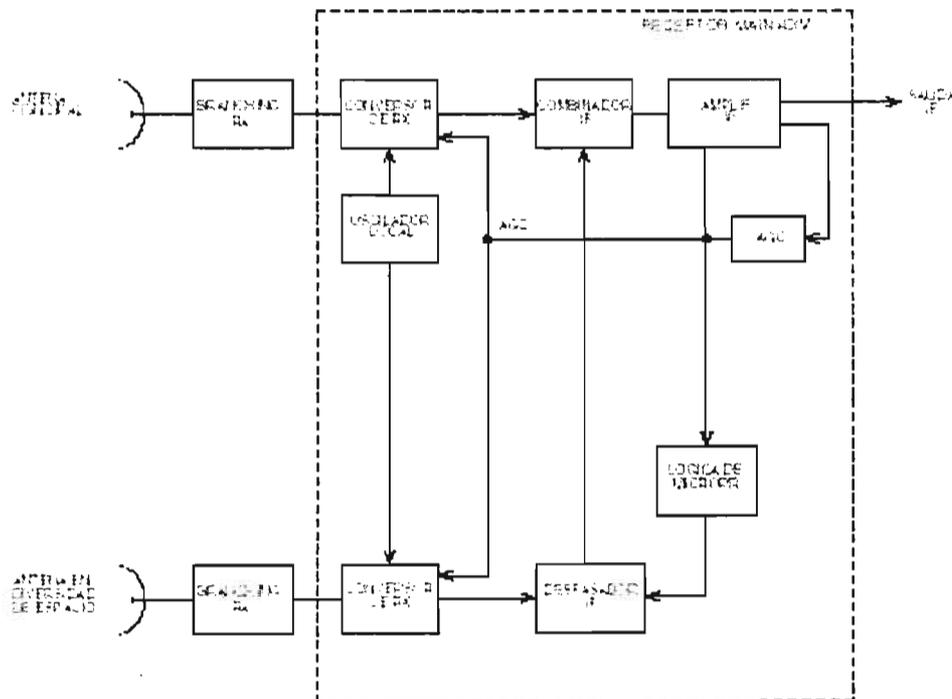


Figura 4. 20. Configuración con diversidad de espacio (con combinador IF y defasador IF)

## Módem de 128/64 TCM

En las figuras 4. 21 y 4. 22 se muestran los diagramas a bloques del modulador y demodulador. Las funciones que desarrollan son las siguientes:

- Las funciones SOH drop/insert se integran respectivamente de las unidades Modulador y Demodulador: el "reinicio local" se produce en una estación repetidora después que un evento ha cortado el enlace para mantener la continuidad de la SOH. Además de los canales DCCR (Regenerator Section Communication Channel) se insertan y extraen directamente en el módem los bytes correspondientes a ATPC, FAST BER y SCS (Switching Control Signal) y el canal (way side traffic) de 2 Mbit/s accesible mediante los bytes de SOH.
- La formación del pulso se obtiene mediante la técnica de procesamiento digital de señales (DSP). El filtrado en banda base realizado por filtros digitales FIR (Finite Impulse Response) introduce una formación del pulso del tipo coseno realzado con un factor de roll-off del 0,35 para 128 TCM y de 0,5 para 64 TCM. Sobre el lado del modulador estos dispositivos tienen coeficientes programables mientras que los filtros en recepción están protegidos con una estructura de coeficientes fijos. Los filtros de posmodulación y posdemodulación son filtros analógicos anti-alias.
- El uso de la codificación TCM para la corrección de errores permite la adecuada eficiencia espectral neta requerida adoptando un factor de roll off no crítico.
- Los errores detectados por el decodificador permiten entregar dos umbrales de alarma de BER (FAST BER entre 10<sup>-6</sup> y 10<sup>-12</sup> seleccionable)

Esta información digital es transmitida a la estación terminal donde se encuentra el equipo de conmutación mediante uno de los 6 bytes de la RSOH dedicado a tal fin y definidos por ETSI/ITU-T para funciones de "Media Specific".

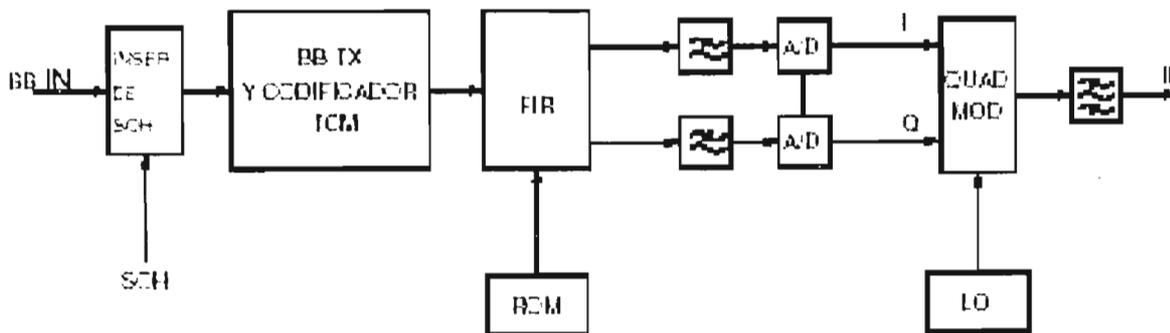


Figura 4. 21. Diagrama a bloques del modulador 64/128 TCM

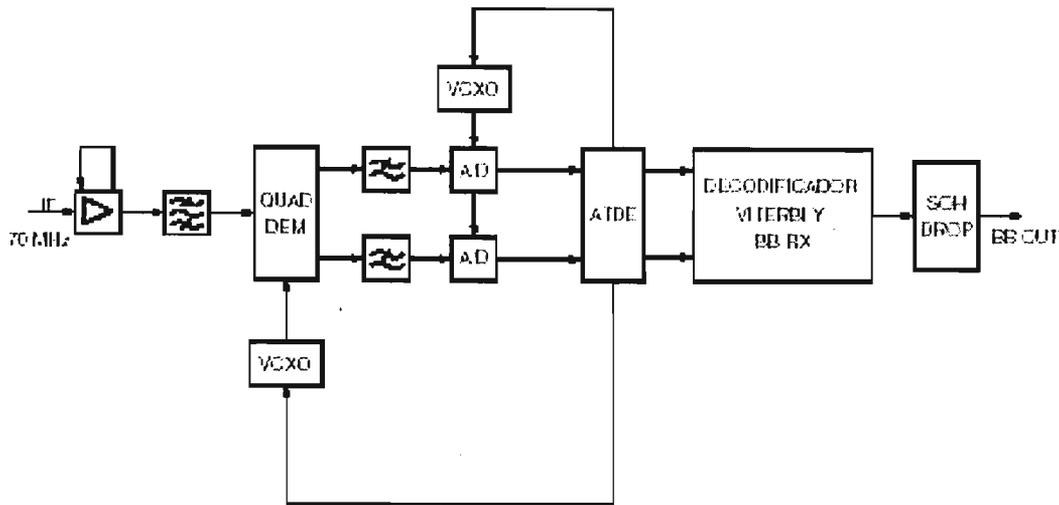


Figura 4. 22. Diagrama a del demodulador 64/128 TCM

## BANDA BASE Y CONMUTACIÓN DE PROTECCIÓN

### Subbastidor de Banda Base

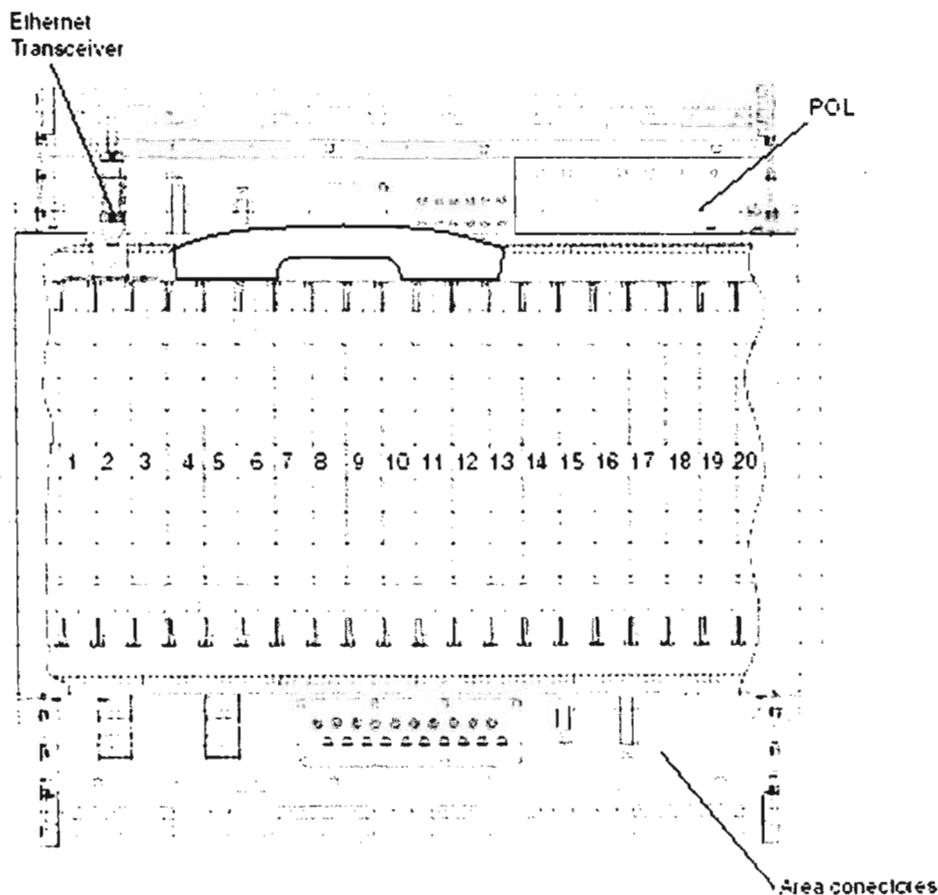
El subbastidor de banda base tiene dimensiones muy compactas. Según la configuración del equipo de radio se dispone de dos versiones del subbastidor de banda base:

Subbastidor tipo "A", mostrado en la figura 4. 23:

- Equipado con 20 slots, se utiliza para la configuración terminal N+0/N:1 expansible.

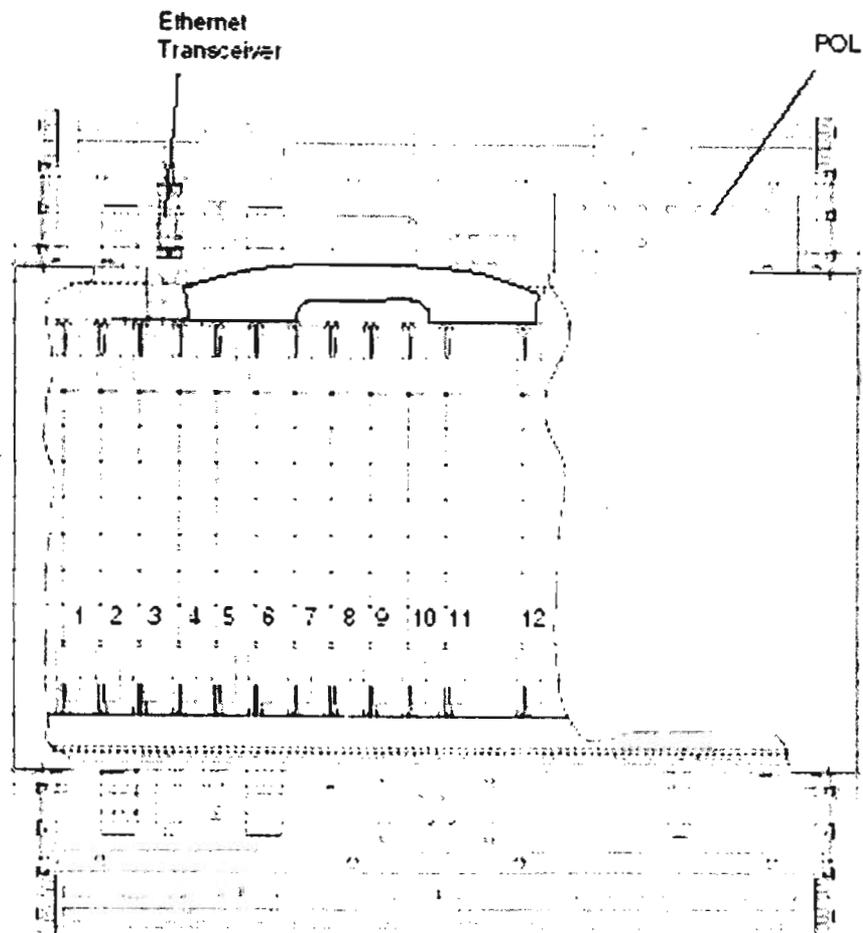
Subbastidor tipo "B", mostrado en la figura 4. 24:

- Equipado con 12 slots se utiliza para la configuración terminal 1+1 no expansible o para la configuración repetidora.



- |    |                           |    |   |
|----|---------------------------|----|---|
| 1  | Servicios WS-SOH de línea | 12 | Tributario D (protección)   |
| 2  | ECW                       | 13 | Tributario E  |
| 3  | Controlador               | 14 | Tributario B Occasional   |
| 4  | MCF                       | 15 | Tributario B Occasional (protección) o bien Master oscilador (protección) |
| 5  | Tributario C (protección) | 16 | Unidad de Alarmas   |
| 6  | Tributario C              | 17 | Controlador RS  |
| 7  | Tributario A              | 18 | Master Oscilador o Distribuidor de sincronismos                           |
| 8  | Tributario A (protección) | 19 | Servicios de Tributario – haces A, B (*)                                  |
| 9  | Distribuidor FX           | 20 | Servicios de Tributario – haces C, D (*)                                  |
| 10 | PSU para MCF              |    |   |
| 11 | Distribuidor TX           |    |   |
- (\*) Actualmente la función servicio de tributario no está disponible

**Figura 4. 23. Subbastidor de Banda Base para configuraciones terminales N:1/N+0**



- |   |   |    |   |
|---|---|----|---|
| 1 | PSU para MCF  | 5  | ECW   |
| 2 | MCF   | 6  | Servicios WS/SOH de Línea   |
| 3 | Controlador Alarmas<br>(para sistemas terminales 1+1<br>no expansible)<br>o bien<br>Controlador (para repetidores master)<br>o by pass (CCB (repetidor slave) | 7  | Servicios SOH de Titulario (funcion actualmente<br>no disponible) |
| 4 | Unidad de Alarmas   | 8  | Titulario (protección o bien unidad de conexión<br>(by pass)      |
|   |   | 9  | Master Oscillator   |
|   |   | 10 | Titulario 1 o bien Conexión                                       |
|   |   | 11 | Unidad de Conexión  |
|   |   | 12 | Unidad de Conexión  |

**Figura 4. 24. Subbastidor de Banda Base para configuraciones terminales 1+1 no expansibles o para repetidores**

## Bloques funcionales

Como muestra la figura 4.23 para la configuración terminal N:1, se pueden distinguir las siguientes unidades:

- La unidad Controlador incluye el hardware y el firmware necesarios para gestionar el sistema y para suministrar las interfaces adecuadas hacia el operador local y hacia la red TMN.
- La unidad RS Controlador (Radio Switch) evalúa la información necesaria para gestionar las operaciones de conmutación, por ejemplo, mediante el uso de los SCS (Switching Control Signal) es posible la conmutación de información y el análisis del estado del canal principal y del canal de reserva.
- La unidad de Alarmas reúne la información de alarmas a enviar al RS Controlador para evaluar las condiciones de funcionamiento de la conmutación, por ejemplo, información de "Early Warning", alarmas de BER Alto y Bajo, Pérdida de señal, Pérdida de Trama y Detección de AIS.
- Los distribuidores de Transmisión y de Recepción sobre la base de los SCS permiten las interconexiones desde y hacia el canal de reserva.
- La unidad Master Oscillator suministra la funcionalidad del reloj NE.
- La unidad Line SOH gestiona los canales de servicio o los canales de way-side traffic.

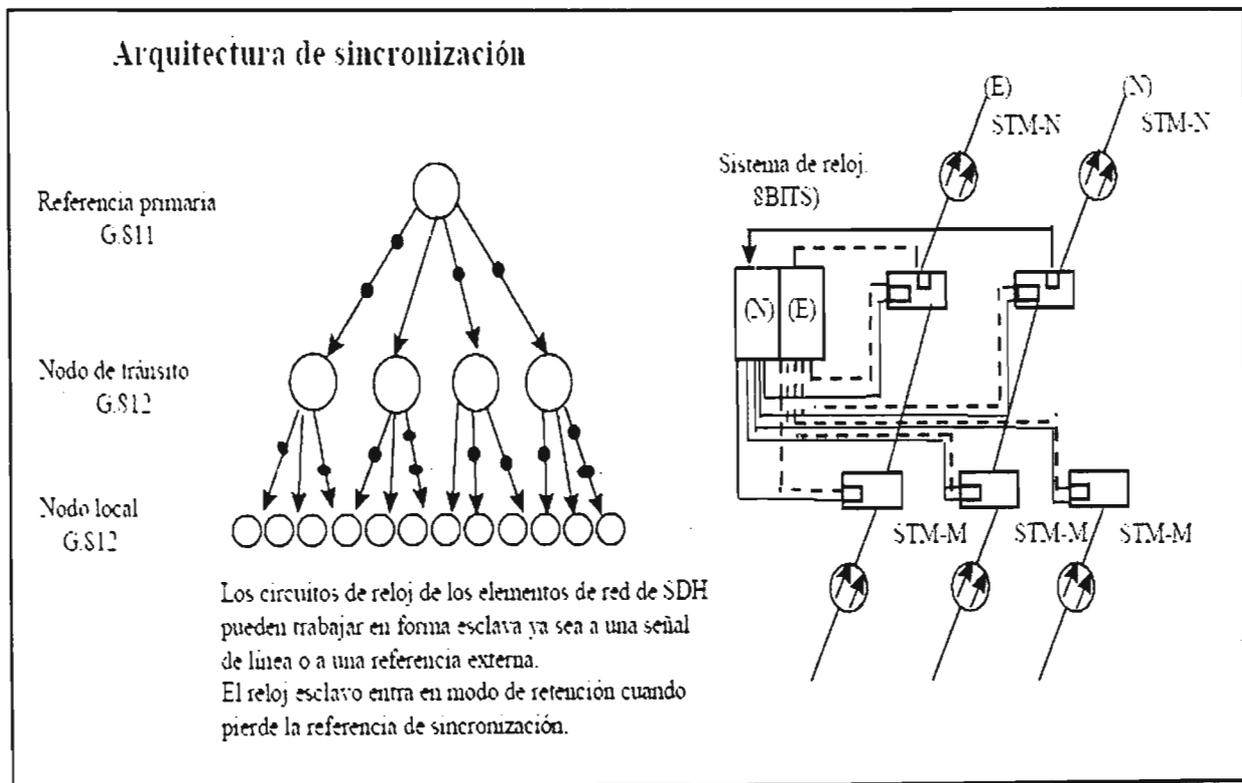
Las unidades de interfaz de Tributario procesan las señales que entran en el sistema de radio. Según el tipo de señal que debe procesarse, puede instalarse una de las siguientes unidades:

- interfaz eléctrica de la señal STM-1
- interfaz óptica de la señal STM-1

Para garantizar la máxima confiabilidad se dispone de la protección del tributario: en un subastidor de banda base se pueden introducir hasta ocho tarjetas de tributario (cuatro tarjetas de tributario y las correspondientes tarjetas de protección). Además, dos de las tarjetas precedentes puede utilizarse para el canal ocasional, y su protección, para aprovechar plenamente la capacidad del radio: cuando no está ocupado, el canal de reserva podría utilizarse para transmitir un canal de baja tasa de transmisión.

## SINCRONIZACIÓN

Todos los elementos de red (NE) en la red SDH se operan bajo un mismo reloj de frecuencia suministrado por una fuente de señal llamada reloj de referencia primario (PRC). Los elementos de red "intermedios", tales como regeneradores, multiplexores de inserción y extracción, etc., son operados por medio de un "modo esclavo", el cual utiliza una componente de señal de reloj extraída de la señal STM-N recibida. El deterioro en la señal de reloj, como la fluctuación acumulada durante la transmisión a través de una cadena de elementos de red y línea de transporte, se reduce con un equipo de reloj esclavo de alto rendimiento para nodo de tránsito y para nodo local. El elemento de red intermedio utiliza directamente la señal de reloj extraída por sí mismo.



**Figura 4. 25. Sincronización de una red SDH**

La unidad Master Oscillator cuenta con los requerimientos expresados en las últimas recomendaciones ITU-T referidas a la capacidad de sincronización de los sistemas SDH. La Unidad Master Oscillator, instalada en el Subbastidor de Banda Base, cumple la función principal de extracción del sincronismo de la señal STM-1 de entrada y de su distribución; además esta unidad puede aceptar una señal de reloj de referencia de 2048 kHz.

Además, para prevenir las consecuencias de eventos catastróficos, cuando se pierden todas las fuentes de sincronismo, la unidad Master Oscillator funciona en modo "holdover", es decir distribuye el último sincronismo depositado en la memoria.

## **GESTIÓN DEL EQUIPO**

Todos los dispositivos SDH se adaptan a la red TMN (Telecommunication Management Network) tanto desde el punto de vista de la arquitectura del hardware como del software para integrar los distintos elementos de red en un único sistema de gestión adecuado.

Esta plataforma de base común cuenta con una unidad Controladora (SEMF) que cumple la función de recibir/transmitir desde/hacia las unidades controladas toda la información requerida por la administración del sistema. Un bus interno (S-Bus) permite la comunicación entre el controlador y las unidades que equipan el sistema en una estructura master-slave; durante el funcionamiento normal, el controlador (master) "interroga" cíclicamente a las unidades (slave) que, excepcionalmente, pueden habilitarse y enviar mensajes espontáneos.

La información depositada y elaborada por el controlador (configuración, eventos, control de las prestaciones antes de la conmutación y en cada canal...) queda disponible hacia el exterior en diversos modos para permitir la supervisión del sistema de radio mediante un sistema tradicional, o para ser considerado como un Elemento de Red de una verdadera red TMN.

### **Control local del Sistema de Radio Síncrono**

El sistema de radio síncrono SDH tiene un potente control local, gestionado por una PC que funciona como terminal. Una interfaz F (RS-232-C), ubicada en el back plane del subbastidor BB, en el área de conectores, permite la conexión de datos seriales para la conexión con el craft-terminal; como alternativa otra interfaz F para la conexión con PC está disponible en el frontal de la unidad de alarmas (en dicho caso es sin embargo necesario remover la tapa frontal del subbastidor BB). Las funciones principales realizables con el local craft terminal son:

- **Configuración local del sistema y predisposición de parámetros**, como la definición del tipo de sistema, dirección el Elemento de Red, activación/desactivación ATPC, definición de la fuente de sincronismo y selección de las prioridades.
- **Gestión de las fallas e informe de las alarmas** para integrar la información suministrada por los LED.
- **Monitoreo de los parámetros del sistema y amplitud analógica** donde se muestran todas las raíces de alarma y los parámetros del sistema (potencia de salida Tx, estado del Oscilador Local, nivel de recepción Rx, etc.)

#### 4.1.3. Multiplexaje de alto y bajo orden

El multiplexaje síncrono se puede jerarquizar en dos tipos; multiplexaje de bajo orden y multiplexaje de alto orden. La figura 4. 26 muestra los multiplexajes.

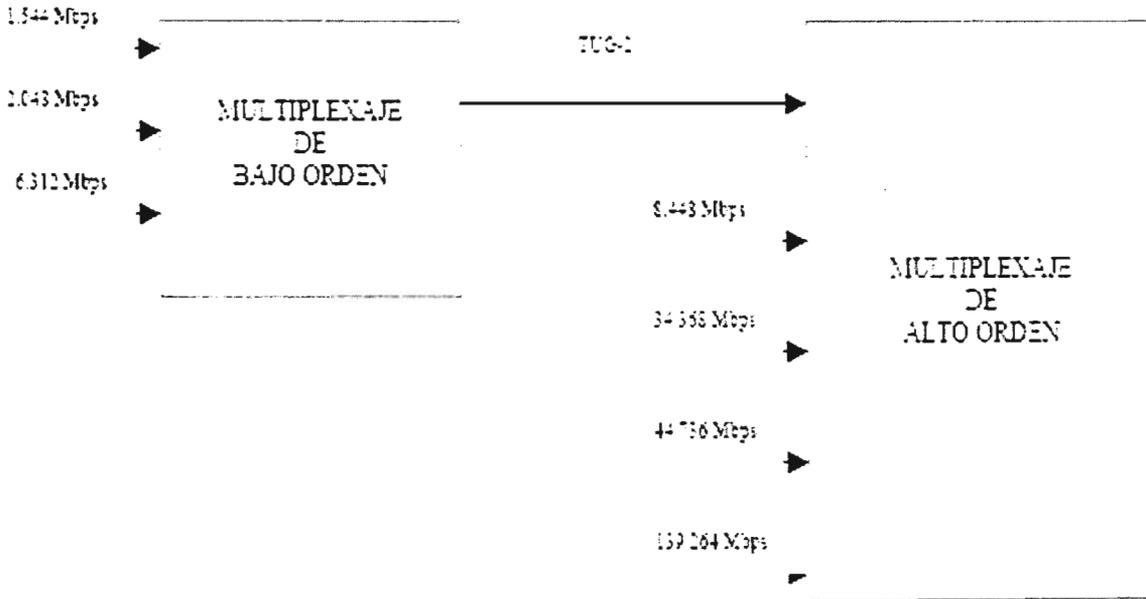


Figura 4. 26. Multiplexaje SDH

El mux de bajo orden involucra el multiplexaje de las tributarias de bajo nivel en TUG-2.

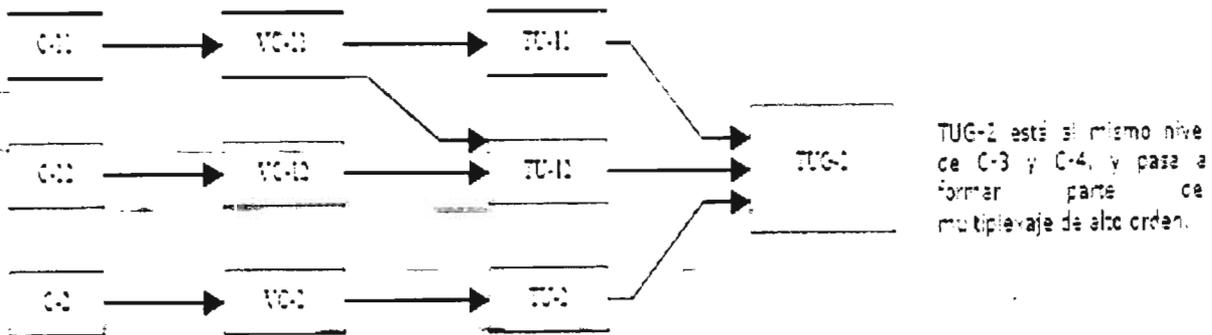
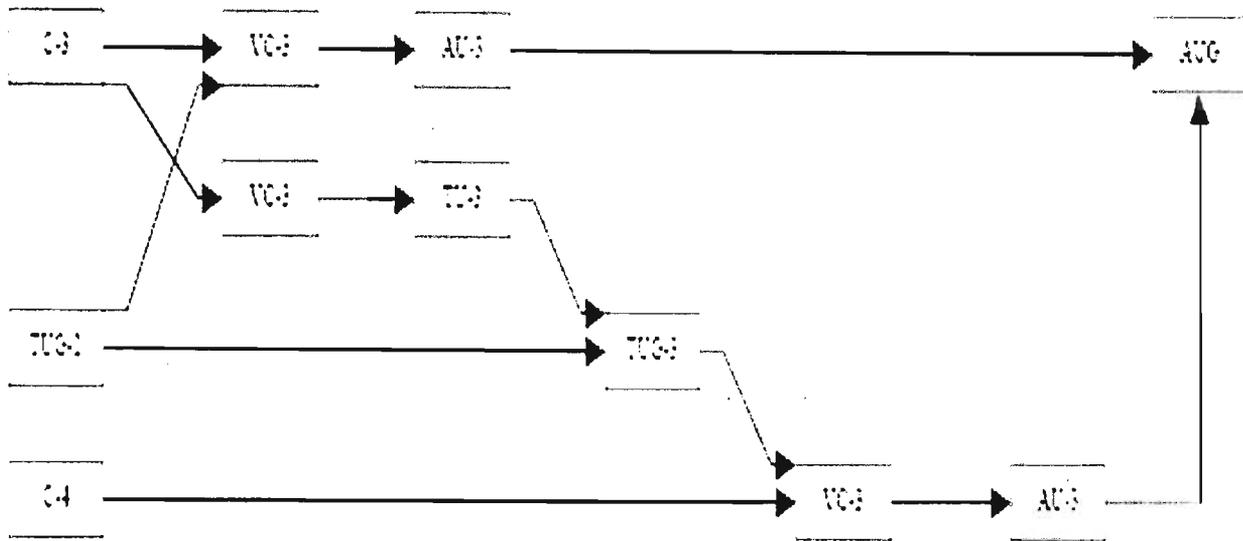


Figura 4. 27. Multiplexaje de bajo orden

## Multiplexor de alto orden.

Se refiere al multiplexaje de tributarias de alto orden dentro de AUG y del STM-1 a través de C-3 o C-4.



**Figura 4. 28. Multiplexaje de alto orden**

Las figuras 4. 29 a 4. 31 ilustran la función de los multiplexores dentro de la jerarquía digital sincrónica (SDH). Existen dos tipos de sección: de regenerador y de multiplexor. La sección de regenerador representa un segmento entre un elemento de red terminal (LT), donde se genera o termina una señal STM-N, y un Regenerador o entre dos Regeneradores. La sección de multiplexor es un medio de transmisión entre dos LTs consecutivos. Uno se encarga de originar la señal STM-N y el otro de terminarla. La red SDH está compuesta por varias secciones de multiplexor con distintos niveles de STM según la capacidad de transmisión exigida en cada sección. El Trayecto es la conexión lógica entre un punto donde se ensambla un Contenedor Virtual (VC) y otro donde este es desensamblado.

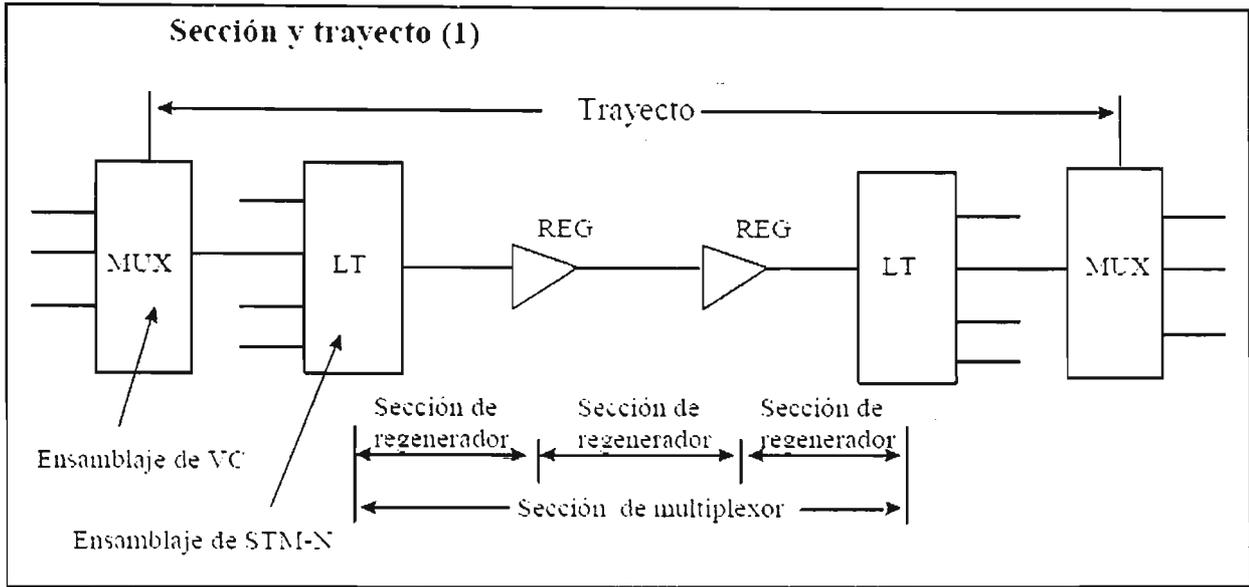


Figura 4. 29.

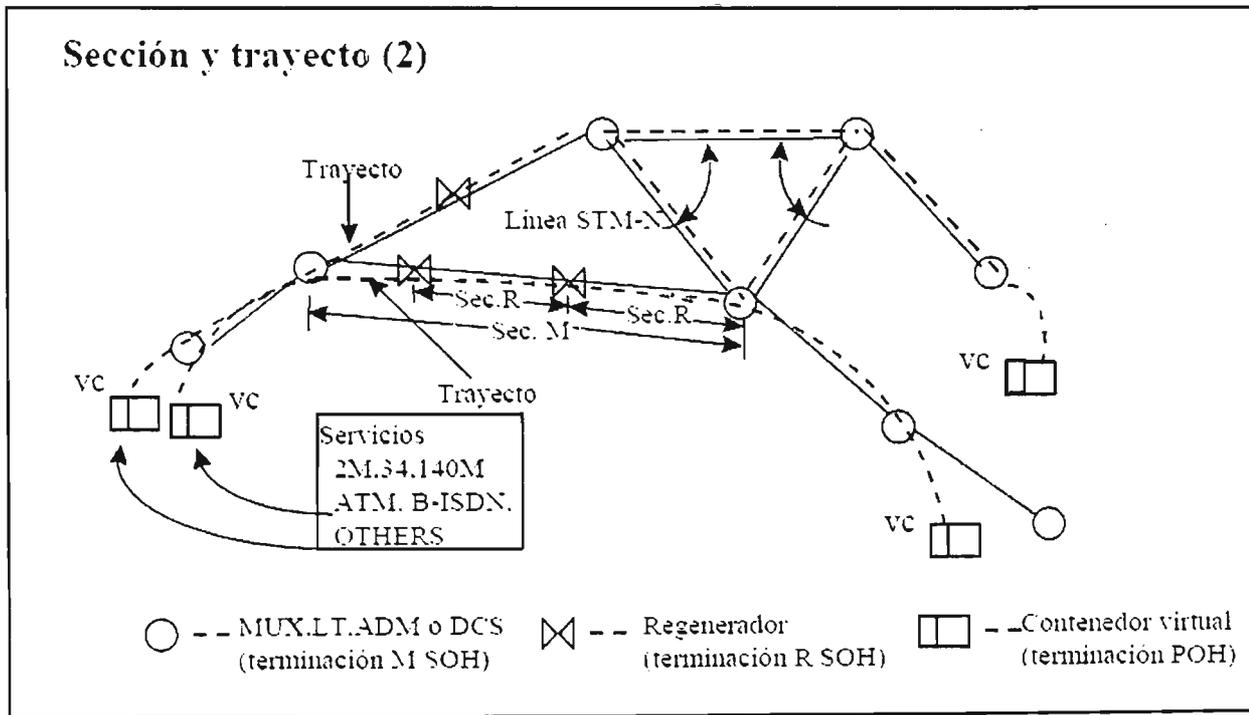
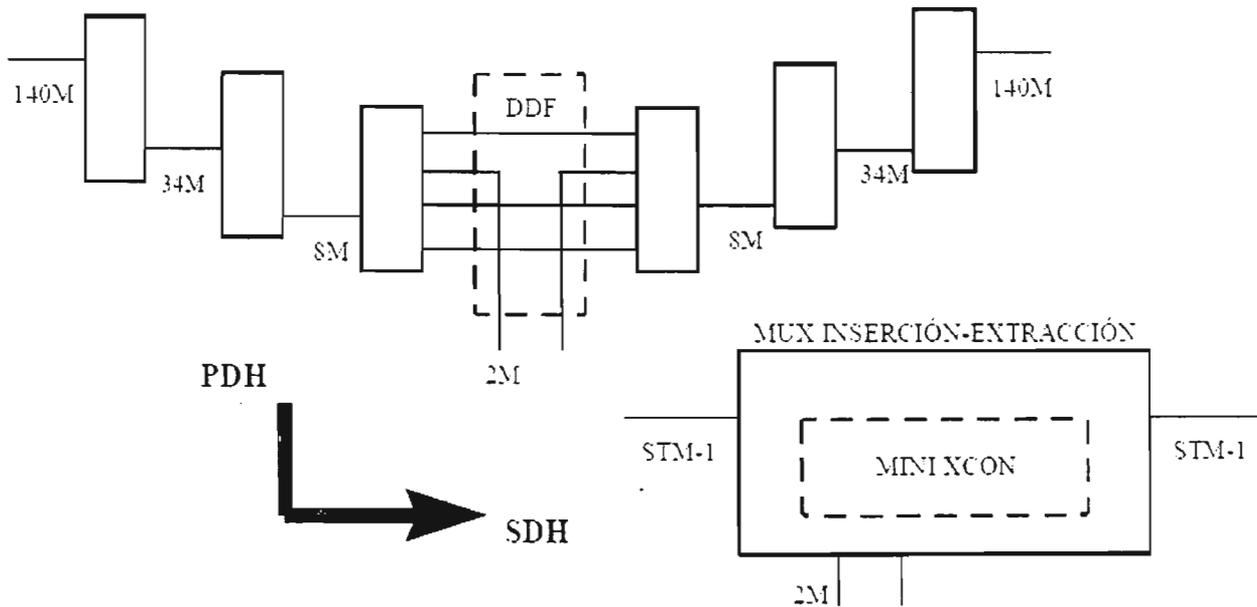


Figura 4. 30.

**Acceso simple a tributarias**



**Figura 4. 31. Multiplexor Add/Drop**

#### 4.2. Servicios proporcionados por la GIT

**Petróleos Mexicanos** es un organismo descentralizado del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto -con la orientación de la Secretaría de Energía- la conducción central y la dirección estratégica de todas las actividades que abarca la industria petrolera mexicana.

El proceso productivo de **PEMEX** comienza con los trabajos de exploración, en la búsqueda de yacimientos de hidrocarburos, para incrementar cada vez más el número de campos susceptibles de explotación. El siguiente paso, después de la localización de reservas, es la explotación de los hidrocarburos. Ambas actividades están encomendadas a **PEMEX Exploración y Producción**, que es el primer eslabón y el más importante de todo el proceso productivo. Este organismo cuenta con 185 plataformas marinas, 4,752 pozos en explotación, 309 campos en producción y 747 instalaciones de producción.

Del total de crudo producido, casi la mitad pasa a ser procesado por **PEMEX Refinación**, obteniéndose principalmente petrolíferos, lubricantes y asfaltos. Esta área cuenta con seis refinerías y una capacidad de procesamiento primario de 1.5 millones de barriles diarios. Esto permite atender gran parte del mercado nacional de combustibles, a través de una red de 77 terminales de almacenamiento y distribución, más de 3,500 autotanques y 530 carrotanques. Adicionalmente se distribuyen combustibles mediante más de cinco mil estaciones de servicio que tienen suscritos contratos de franquicia y suministro con **PEMEX**. El resto del crudo se exporta a través de **PMI Comercio Internacional**.

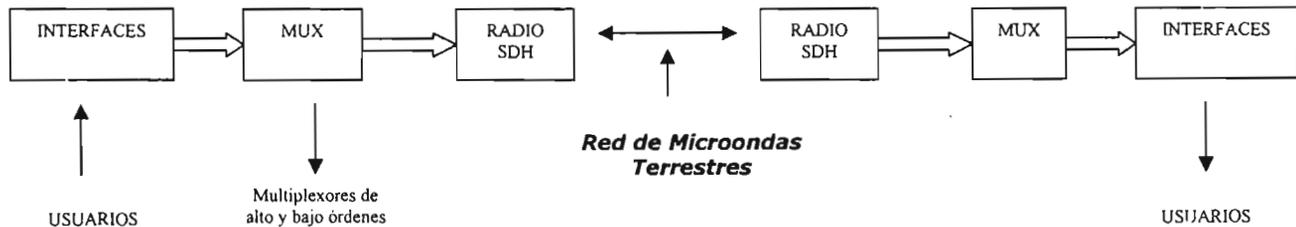
La mayor parte del gas natural y los condensados se canaliza hacia **PEMEX Gas y Petroquímica Básica**, donde se realiza su procesamiento mediante el cual se separan los diferentes productos como el gas seco, el etano, el gas licuado y las naftas, principalmente. Para ello, la subsidiaria cuenta con 19 plantas de endulzamiento, 14 criogénicas y dos de absorción, con una capacidad de proceso de más de 4,500 millones de pies cúbicos diarios. El gas seco que se obtiene del proceso, junto con el que proviene directamente de los campos, se destina principalmente al autoconsumo de **PEMEX** y a satisfacer la demanda tanto del sector eléctrico como de la industria en general.

**PEMEX Petroquímica** elabora productos derivados del metano, etano, propileno y aromáticos en ocho complejos, los cuales comprenden 43 plantas con una capacidad instalada de casi 12 millones de toneladas al año.

En conjunto, **PEMEX** cuenta con 57 mil kilómetros de oleoductos, gasoductos y poliductos, así como con 19 buques de flota mayor y 93 embarcaciones menores. La revista especializada **Petroleum Intelligence Weekly** reconoce a **PEMEX** como la séptima entre las compañías petroleras privadas y nacionales en el ámbito internacional, específicamente:

- Tercera en producción de crudo
- Sexta en activos
- Séptima en reservas de crudo
- Décima en producción de gas
- Decimotercera en capacidad de refinación
- Decimoquinta en reservas de gas.

De lo anterior podemos advertir el tamaño de las telecomunicaciones de PEMEX, de los servicios que requiere y que le son necesarios para su buen funcionamiento; por tanto, podemos suponer la importancia de esta área de la ingeniería. Estas necesidades de comunicaciones son transportadas a través de la red de microondas (y también por vía satélite) entre cualesquiera centros de trabajo de PEMEX; ya sea plataformas, refinerías, pozos de extracción, hospitales, centros de distribución de combustibles, oficinas administrativas, etc. Esta forma de comunicación se realiza según se muestra en el siguiente diagrama.



En la tabla 4.4 pueden verse los servicios proporcionados por la GIT a sus diversos clientes.

**Tabla 4. 4. Servicios proporcionados por la GIT a sus diversos clientes.**

Servicios / Subsidiaria	PEP	PP	PGPB	PR	DCA	SM/FINANZ	PAGO x GIT
E-1	8	1	2	16	27	1	26
DS-0)	1		2	40	53	35	18
128 Kbps			10	9	3		3
192 Kbps				1	7		7
384 Kbps					2		2
512 Kbps					4	2	4
E0- DS0)			2	5	1		1
E0)				5	2		2
PT-IP				1	3		3
Analógico	5		7	26	24		24
VSAT				31			
Frame Relay a 64k					1		1
Frame Relay a 256k				3			
STM-4 622 Mb/s				2			
<b>TOTALES</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>23</b>	<b>139</b>	<b>127</b>	<b>304</b>	<b>91</b>

**Tabla 4. 5. Servicios y tecnologías usadas en PEMEX**

SERVICIOS	TECNOLOGÍA	OPCIONES	APLICACIONES
<b>VOZ</b>	Inalámbrica	Celular	
	Alámbrica	Trunking	
	Canales de servicio	Fijo análogo FXS	
	Sistema satelital	Fijo análogo remoto FXS-FXO	Financieras:
	IP		<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SAP</li> <li>➤ Banca</li> </ul>
<b>DATOS</b>	Wireless		De negocios:
	Frame Relay		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compranet</li> <li>• Banca</li> </ul>
	ATM	n X 64 – n X E1	De producción:
	Giga-Ethernet	n X E1 – STM-1 – STM-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de hidrocarburos</li> </ul>
	XDSL		De operación:
	Sistema satelital		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logística de materiales</li> <li>• Explotación</li> <li>• Indicadores de resultados</li> </ul>
<b>VIDEO</b>	H.323		
	IP	Videoconferencia	
	ATM	Escritorio	

### 4.3. Interfaces

Es un dispositivo de conexión o acople entre diversos componentes (hardware y/o software). Se debe definir cuidadosamente en cada punto de conexión entre los dispositivos: routers, switches, concentradores, radios, etc. El tipo de interfase va de acuerdo a las especificaciones de velocidad, distancia, etc. Los aspectos que definen una interfase son:

- **MECÁNICOS:** Dimensiones del conector, número de pines, forma, etc.
- **ELECTRO-ÓPTICOS:** Voltajes, tipo de fuente luminosa, duración de la señal, etc.
- **FUNCIONALES:** Para que sirve cada PIN. Eje: TD (envío de datos), RD (recepción de datos), DCD, RTS, etc.
- **DE PROCEDIMIENTO:** Orden o secuencia de pasos en la comunicación.

Es otras palabras, una interfaz es un conjunto de protocolos y técnicas para el intercambio de información entre una aplicación y un usuario. La interfaz es responsable de solicitar comandos al usuario, y de desplegar los resultados de la aplicación de una manera comprensible.

#### **Tipos de interfaces**

Se pueden clasificar en:

- Paralelas: los bits fluyen simultáneamente a través de varios hilos, más rápidas pero requieren más hilos, usadas generalmente en distancias cortas.
- Seriales: los bits fluyen uno tras otro, más lentas pero requieren menos hilos, usadas generalmente en distancias largas.
- Síncronas: Utilizan señales especiales de temporización o mecanismos de codificación que llevan el reloj. Los bytes no van enmarcados por bits de comienzo o fin (stop bit y start bit). Los datos se envían en bloques llamados frames o tramas como en HDLC e Ethernet.
- Asíncronas: no utilizan señales o líneas especiales para la temporización (reloj).
- Balanceadas: Cada circuito tiene dos hilos. Soportan mejor el ruido.
- Desbalanceadas: Los circuitos utilizan una tierra común.

Las interfaces que más interesan a este trabajo son las que se observan en la siguiente tabla:

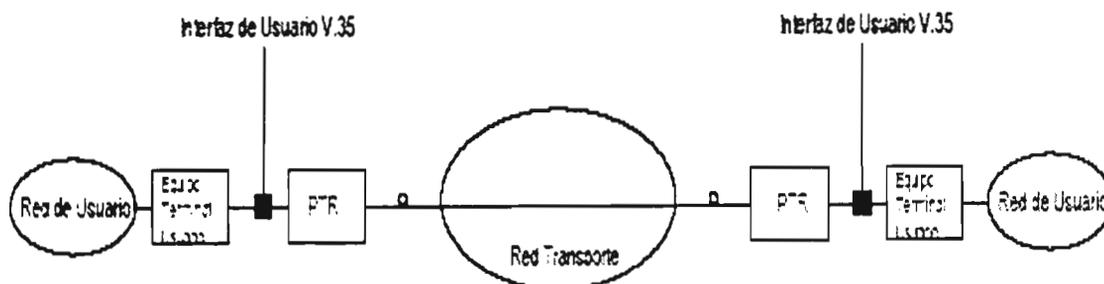
**Tabla 4. 6. Principales interfaces involucradas en los sistemas SDH**

INTERFACES		
ELÉCTRICO	FÍSICO	TECNOLOGÍA
V.35	M.34	Frame Relay
G.703	BNC	ATM/Frame Relay/Videoconferencia
STM-N	RJ-45	Ethernet
	ST-SC	Fibra Óptica

4.3.1. Características de la interfaz V.35

Es un estándar de la UIT que define la intercomunicación entre un DTE (Equipo Terminal de Datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos) para operación síncrona en redes públicas y privadas. Algunas características son las siguientes:

- Interfase serial síncrona, desarrollada por la CCITT
- Velocidad original: 48Kbps, aunque puede operar entre 64 Kbps y 2 Mbps.
- Distancia máxima: 300 mts.
- Mezcla señales balanceadas (TD, RD, Clock) y desbalanceadas (DSR, DTR, RTS, CTS y DCD).
- Típicamente utiliza conector M34, mucho más costoso y grande que el DB-25 o RS-232.
- También se implementa con conectores DB-25.



**Figura 4. 37. Modelo de referencia de un enlace digital punto a punto**

En la figura 4. 38 se presenta el conector M34 hembra disponible en el punto terminal de red, también conocido como Winchester de 34 pines. Este conector ha sido estandarizado bajo la norma ISO 2593 y sirve de punto de conexión física a la interfaz V.35.

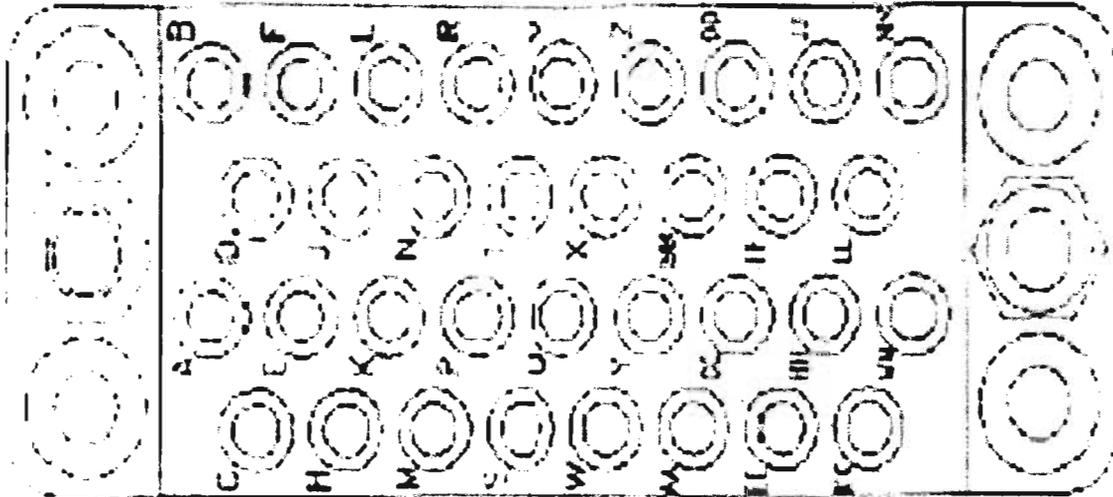


Figura 4. 38. Conector M34 hembra

A continuación se detalla la funcionalidad de cada pin en la modalidad DCE (equipo de comunicación de datos):

Tabla 4. 7. Pines para el conector M.34

PIN	NOMBRE	SEÑAL	DESCRIPCIÓN	TIPO
A	FG	Frame Ground	Blindaje	
B	SG	Signal Ground	Tierra de señalización	
C	RTS	Request To Send	Petición para transmitir	No balanceado
D	CTS	Clear To Send	Preparado para transmitir	No balanceado
E	DSR	Data Set Ready	Aparato de datos preparado	No balanceado

F	RLSD	Received Line Signal Detect	Detector de señales de línea recibidas	No balanceado
H	DTR	Data Terminal Ready	Conecte aparato de datos a la línea	No balanceado
P	SDA	Send Data A	Transmisión de datos +	Balanceado
S	SDB	Send Data B	Transmisión de datos -	Balanceado
R	RDA	Receive Data A	Recepción de datos +	Balanceado
T	RDB	Receive Data B	Recepción de datos -	Balanceado
U	TCEA	Transmit Clock Ext A	Temporización de elementos de TX +	Balanceado
W	TCEB	Transmit Clock Ext B	Temporización de elementos de TX -	Balanceado
V	RCA	Receive Clock A	Temporización de elementos de RX +	Balanceado
X	RCB	Receive Clock B	Temporización de elementos de RX -	Balanceado
Y	TCA	Transmit Clock A	Temporización de elementos de TX +	Balanceado
AA	TCB	Transmit Clock B	Temporización de elementos de TX -	Balanceado
J	LL	Local Loopback	Comprobación de bucle local	No balanceado
BB	RLB	Remote Loopback	Comprobación de bucle remoto	No balanceado
K	TM	Test Mode	Modo de prueba	No balanceado



#### 4.3.3. Características de la interfaz STM-N

### **RJ-45. NORMA EIA/TIA 568**

Esta norma establece dos estándares (A y B) para el cableado Ethernet 10Base-T, determinando qué color corresponde a cada pin del conector RJ-45. El estándar 568-B, también conocido como especificación AT&T, es el que se usa con mas frecuencia, pero muchas redes están diseñadas con el estándar 568-A, también llamado ISDN.

Normalmente, una *patch* esta armado respetando el mismo estándar (A o B) en ambos extremos del cable. Estos cables se utilizan para:

- Conectar una estación de trabajo a la roseta de una instalación de cableado estructurado
- Conectar la *patchera* con un HUB o un SWITCH en la estructura de cableado
- Conectar directamente una estación de trabajo a un HUB o un SWITCH
- Conectar un HUB con el puerto "crossover" de otro dispositivo

Cableado cruzado: se denomina así al *patch* armado utilizando el estandar A en un extremo y el B en el otro. Estos cables se utilizan para:

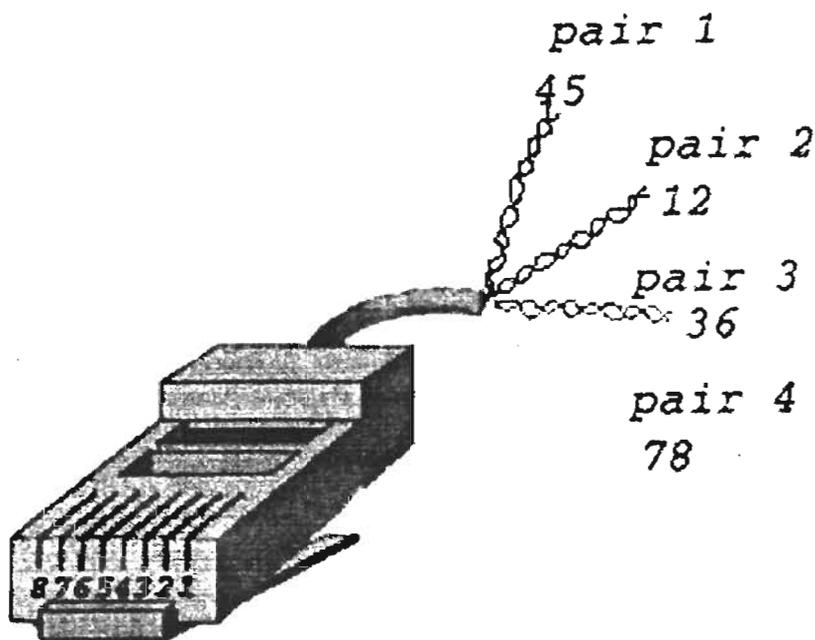
- Conectar HUBs o SWITCHs entre si
- Conectar dos estaciones de trabajo aisladas, a modo de una mini-LAN
- Conectar una estación de trabajo y un servidor sin necesidad de un HUB

**Tabla 4. 8. Norma de cableado 568-A**

NUMERO PIN	NUMERO PAR	FUNCIÓN	COLOR DEL CABLE	10/100 BASE-T	100 BASE-T4 1000 BASE-T
1	3	Transmite	Blanco/Verde	Si	Si
2	3	Recibe	Verde/Blanco	Si	Si
3	2	Transmite	Blanco/Naranja	Si	Si
4	1	Telefonía	Azul/Blanco	No	Si
5	1	Telefonía	Blanco/Azul	No	Si
6	2	Recibe	Naranja/Blanco	Si	Si
7	4	Respaldo	Blanco/Marrón	No	Si
8	4	Respaldo	Marrón/Blanco	No	Si

**Tabla 4. 9. Norma de cableado 568-B**

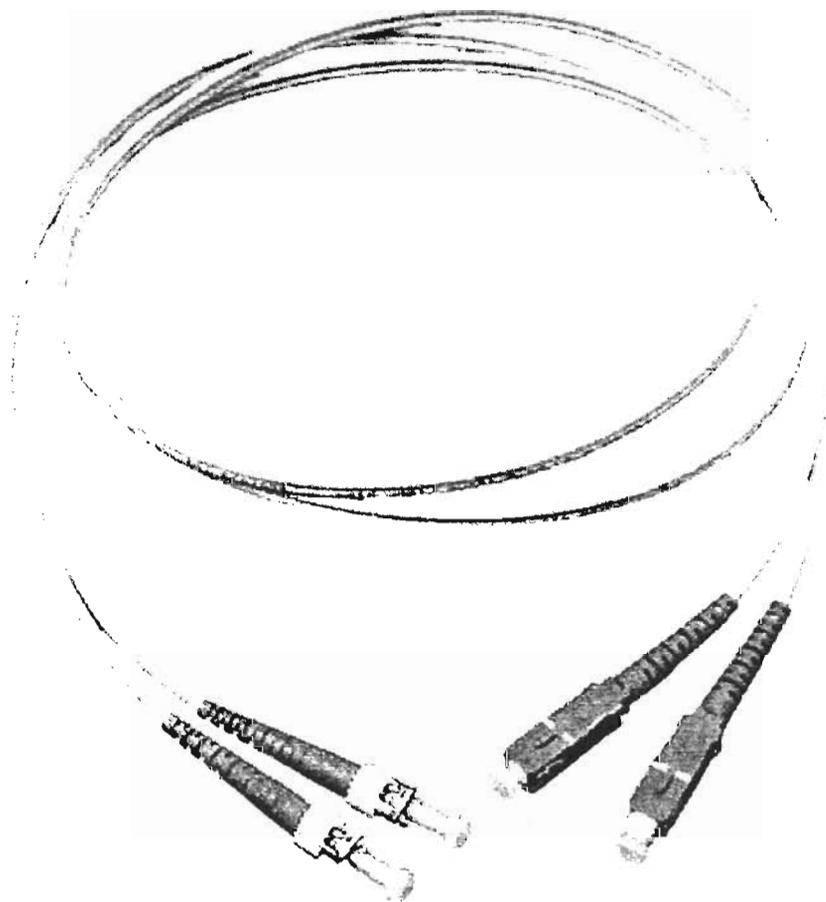
NUMERO PIN	NUMERO PAR	FUNCIÓN	COLOR DEL CABLE	10/100 BASE-T	100 BASE-T4 1000 BASE-T
1	2	Transmite	Blanco/Naranja	Si	Si
2	2	Recibe	Naranja/Blanco	Si	Si
3	3	Transmite	Blanco/Verde	Si	Si
4	1	Telefonía	Azul/Blanco	No	Si
5	1	Telefonía	Blanco/Azul	No	Si
6	3	Recibe	Verde/Blanco	Si	Si
7	4	Respaldo	Blanco/Marrón	No	Si
8	4	Respaldo	Marrón/Blanco	No	Si



**Figura 4. 40. Conector RJ-45**

## ST-SC

Existen varios conectores para la fibra óptica, los más difundidos son los conectores ST y SC. Estos son lo que se utilizan para la interfaz óptica en los dispositivos SDH, ya que pueden utilizar fibra óptica. Las siguientes figuras muestran estos conectores.



**Figura 4. 41. Cable ST-SC duplex**

Hay diversas maneras de acoplar la fibra óptica:

- El acoplamiento mecánico de dos conectores puestos punta a punta mediante una pieza de precisión. La figura 4. 43 muestra la unión de dos conectores ST, también existen los acopladores ST/SC o ST/MIC
- El ajuste por *Splice* mecánico que es utilizado para las reparaciones de rupturas o para ajustar una fibra y un conector ya equipado de algunos centímetros de fibra
- La fusión por medio de un dispositivo de arco eléctrico llamado fusionador

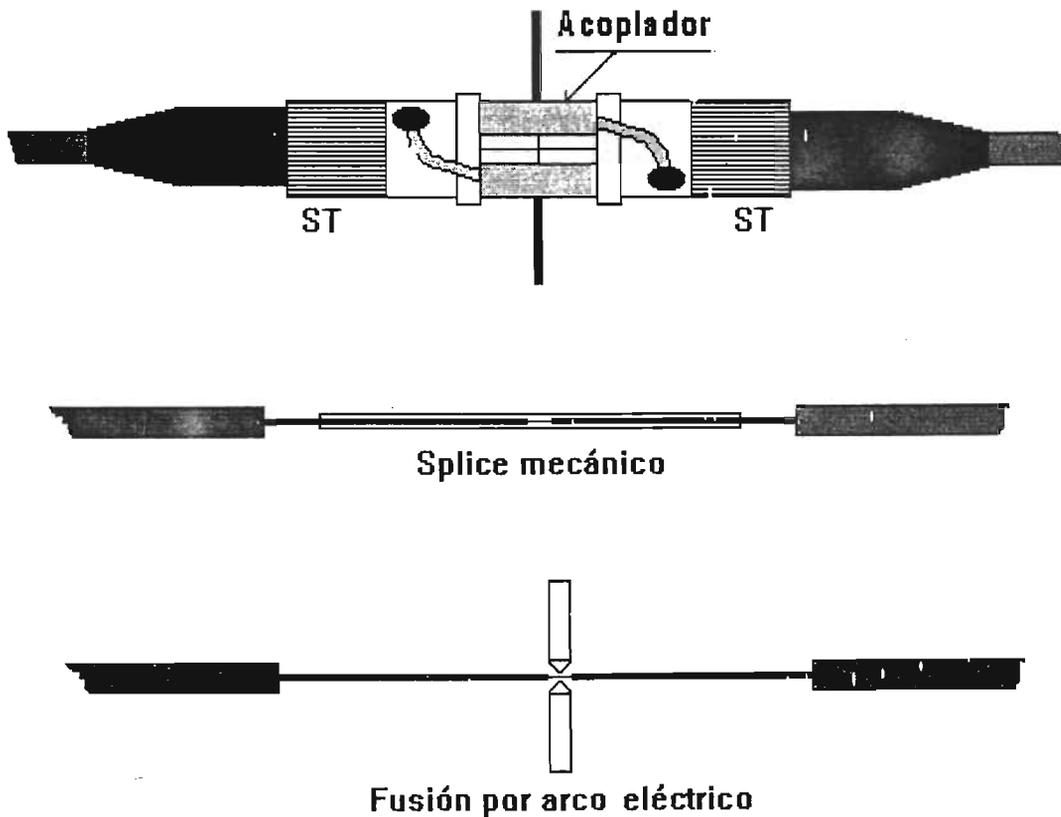


Figura 4. 43. Formas de conexión de fibras ópticas

*Good morning, Worm your honor,  
The crown will plainly show  
The prisoner who now stands before you  
Was caught red-handed showing feelings  
Showing feelings of an almost human nature;  
This will not do.  
Call the schoolmaster!*

*I always said he'd come to no good  
In the end your honor.  
If they'd let me have my way I could  
Have flayed him into shape.  
But my hands were tied,  
\*The bleeding hearts and artists  
Let him get away with murder.  
Let me hammer him today?*

*Crazy, toys in the attic I am crazy,  
Truly gone fishing.  
They must have taken my marbles away.  
Crazy, toys in the attic he is crazy.*

*You little shit you're in it now,  
I hope they throw away the key.  
You should have talked to me more often  
Than you did, but no! You had to go  
Your own way, have you broken any  
Homes up lately?  
Just five minutes, Worm your honor,  
Him and Me, alone.*

*Baaaaaaaaaabe!  
Come to mother baby, let me hold you  
In my arms.  
M'lud I never wanted him to  
Get in any trouble.  
Why'd he ever have to leave me?  
Worm, your honor, let me take him home.*

*Crazy, over the rainbow, I am crazy,  
Bars in the window.  
There must have been a door there in the wall  
When I came in.  
Crazy, over the rainbow, he is crazy.*

*The evidence before the court is  
Incontrovertible, there's no need for  
The jury to retire.  
In all my years of judging  
I have never heard before  
Of someone more deserving  
Of the full penaltie of law.  
The way you made them suffer,  
Your exquisite wife and mother,  
Fills me with the urge to defecate!  
"Hey Judge! Shit on him!"  
Since, my friend, you have revealed your  
Deepest fear,  
I sentence you to be exposed before  
Your peers.  
Tear down the wall !!!!!!!*

## 5. Capitulo V. Organismos que rigen las telecomunicaciones en el mundo.

En los últimos años el sector de las telecomunicaciones se ha caracterizado por un ritmo de cambio rápido y acelerado. Este cambio ha sido la consecuencia de la innovación tecnológica, innovación que ha sido sobretodo el fruto de la convergencia de las telecomunicaciones y de la tecnología de la información, y que ha dado por resultado el rápido surgimiento de nuevos productos y servicios. Este cambio ha venido acompañado por una transformación radical del sector, que tiende progresivamente a la liberalización y privatización en la prestación de servicios de telecomunicaciones, y está desplazando los monopolios públicos en favor de empresas privadas que compiten y son supervisadas por organismos reguladores prácticamente autónomos. A nivel mundial este progreso es aún muy desigual. Sin embargo, muchos países en desarrollo están liberalizando y privatizando sus telecomunicaciones y comienzan a beneficiarse de las nuevas tecnologías.

### 5.1. Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

#### **Introducción**

Los orígenes de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se remontan a 1865 y a la firma del Convenio Telegráfico Internacional, en París, por 20 países europeos. El 24 de mayo de 1844, Samuel Morse enviaba su primer mensaje público a través de una línea telegráfica entre Washington y Baltimore, inaugurando con este simple acto la era de las telecomunicaciones. Unos diez años más tarde, el telégrafo era ya un medio utilizado por el gran público, pero en aquellos días las líneas telegráficas no atravesaban las fronteras nacionales. Cada país utilizaba un sistema diferente, por lo cual los mensajes debían transcribirse, traducirse y enviarse a las fronteras antes de ser transmitidos por la red telegráfica del país vecino. Dada la lentitud y las dificultades operativas de este sistema, muchos países decidieron establecer acuerdos que facilitarían la interconexión de sus redes nacionales. Sin embargo, dado que el proceso de negociación se llevaba a cabo a nivel nacional, cada enlace exigía numerosos acuerdos. En el caso de Prusia, por ejemplo, se necesitaron nada menos que 15 acuerdos para conectar la capital con las localidades fronterizas de otros estados alemanes. Para simplificar las cosas, los países comenzaron a establecer acuerdos bilaterales o regionales, de manera que en 1864 había ya varios convenios regionales en vigor.

La rápida y continua expansión de las redes telegráficas en un número cada vez mayor de países incitó finalmente a 20 estados europeos a reunirse para constituir un acuerdo marco para la interconexión internacional. En esa misma ocasión, el grupo acordó unas normas comunes que se aplicarían a todos los equipos para facilitar la interconexión internacional, estableció también normas de explotación que habrían de respetarse en todos los países y fijó normas internacionales en materia de tarifas y contabilidad. El 17 de mayo de 1865, tras dos meses y medio de arduas negociaciones, 20 estados miembros fundadores firmaban en París el primer Convenio Telegráfico Internacional y creaban la *Unión Telegráfica Internacional* (UIT), con objeto de facilitar posibles modificaciones posteriores a este acuerdo inicial. Hoy los motivos que llevaron a la creación de la UIT siguen siendo de actualidad y los objetivos fundamentales de la organización son básicamente los mismos. Al desarrollarse las telecomunicaciones en años posteriores, cambió la estructura de la organización, que en 1947 se convirtió en un organismo especializado de las Naciones Unidas y pasó a formar parte de su régimen común.

## **Fines y objetivos de la UIT**

La UIT es una organización intergubernamental en la que cooperan los gobiernos (Estados Miembros, actualmente 189) y organizaciones y entidades no gubernamentales, fundamentalmente del sector privado, (Miembros de Sector, actualmente más de 650) pero con diferentes derechos y obligaciones. Otra característica es que la mayor parte del trabajo sustantivo de la Unión lo realizan conjuntamente los Estados Miembros y los Miembros de Sector en Comisiones de Estudio y Grupos de Trabajo.

La Unión es una organización imparcial e internacional en la cual los gobiernos y el sector privado pueden trabajar juntos para coordinar la explotación de redes y servicios de telecomunicaciones y promover el desarrollo de la tecnología de comunicaciones. A pesar de seguir siendo relativamente desconocida para el gran público, la labor que viene desarrollando desde hace más de 100 años ha ayudado a crear una red mundial de comunicaciones que integra hoy una gran variedad de tecnologías.

A medida que se amplía la utilización de las tecnologías de telecomunicaciones y de los sistemas de radiocomunicaciones para abarcar más y más actividades, la labor que realiza la UIT crece en importancia en la vida cotidiana de los habitantes de todo el mundo.

Las actividades de normalización de la Unión, que ya han ayudado a promover la expansión de nuevas tecnologías como la telefonía móvil e Internet, están sirviendo ahora para definir las bases sobre las cuales se construye la incipiente infraestructura mundial de la información y para el diseño de sistemas multimedia avanzados capaces de procesar fácilmente señales de voz, datos, audio y vídeo.

Al mismo tiempo, la UIT sigue realizando su labor de gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas, gracias a la cual los sistemas de radiocomunicaciones, como los teléfonos celulares, los sistemas aéreos y de navegación marítima, las estaciones de investigación espacial, los sistemas de comunicaciones por satélite y los de radiodifusión sonora y de televisión continúan funcionando sin interrupción y proporcionan servicios inalámbricos confiables a los habitantes del planeta.

Por último, es cada vez más importante el papel catalizador de la UIT en el proceso de formación de asociaciones para el desarrollo entre gobiernos y sector privado, gracias al cual la infraestructura de telecomunicaciones de las economías en desarrollo está mejorando rápidamente.

Tanto en lo que respecta al desarrollo de las telecomunicaciones como a la elaboración de normas o a la compartición del espectro, la filosofía de consenso de la UIT ayuda a los gobiernos y a la industria de las telecomunicaciones a afrontar y a tratar una gran cantidad de asuntos que serían difíciles de resolver a nivel bilateral. El resultado de ello son acuerdos reales y viables que no sólo benefician al sector de las telecomunicaciones en su totalidad, sino también, y en última instancia, a los usuarios de telecomunicaciones de todo el mundo. Los fines de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, tal como están definidos en su Constitución, son los siguientes:

- mantener y ampliar la cooperación internacional entre todos sus Estados Miembros para el mejoramiento y el empleo racional de toda clase de telecomunicaciones;
- alentar y mejorar la participación de entidades y organizaciones en las actividades de la Unión y favorecer la cooperación fructífera y la asociación entre ellas y los Estados Miembros para la consecución de los fines de la Unión;
- promover y proporcionar asistencia técnica a los países en desarrollo en el campo de las telecomunicaciones y promover asimismo la movilización de los recursos materiales, humanos y financieros necesarios para dicha asistencia, así como el acceso a la información;

- impulsar el desarrollo de los medios técnicos y su más eficaz explotación, a fin de aumentar el rendimiento de los servicios de telecomunicación, acrecentar su empleo y generalizar lo más posible su utilización por el público;
- promover la extensión de los beneficios de las nuevas tecnologías de telecomunicaciones a todos los habitantes del planeta;
- promover la utilización de los servicios de telecomunicaciones con el fin de facilitar las relaciones pacíficas;
- armonizar los esfuerzos de los Estados Miembros y favorecer una cooperación y una asociación fructíferas y constructivas entre los Estados Miembros y los Miembros de los Sectores para la consecución de estos fines;
- promover a nivel internacional la adopción de un enfoque más amplio de las cuestiones de las telecomunicaciones, a causa de la globalización de la economía y la sociedad de la información, cooperando a tal fin con otras organizaciones intergubernamentales mundiales y regionales y con las organizaciones no gubernamentales interesadas en las telecomunicaciones.

### **Funciones y actividades**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones se diferencia de todas las demás organizaciones internacionales en que se basa en el principio de la cooperación entre gobiernos y sector privado. Sus Miembros son instituciones políticas y de reglamentación en telecomunicaciones, operadores de redes, fabricantes de equipo, realizadores de equipos y programas informáticos, organizaciones regionales de normalización e instituciones de financiación, por lo cual puede afirmarse que las actividades, las políticas y la dirección estratégica de la UIT están determinadas y concebidas por el sector al que sirve.

Los individuos e instituciones a los que sirve la Unión también están cambiando, debido a que la forma de prestar servicios de telecomunicaciones ha evolucionado y también a la convergencia de los sectores de las comunicaciones, la informática y el entretenimiento audiovisual. Además, un número cada vez mayor de organizaciones dedicadas a actividades como el desarrollo de programas informáticos, el entretenimiento y la radiodifusión, comienza a interesarse en formar parte de la UIT, ya que sus actividades se orientan cada vez más hacia servicios basados en las telecomunicaciones.

## **Estructura y actividades**

Los tres Sectores de la Unión, Radiocomunicaciones (UIT-R), Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T) y Desarrollo de las Telecomunicaciones (UIT-D), trabajan en la actualidad para construir y configurar las redes y servicios del futuro. Sus actividades cubren todos los aspectos de las telecomunicaciones, desde el establecimiento de normas que faciliten el interfuncionamiento sin interrupciones de equipos y sistemas a nivel mundial hasta la adopción de procedimientos operativos para la vasta y creciente gama de servicios inalámbricos, pasando por la concepción de programas para mejorar la infraestructura de telecomunicaciones en el mundo en desarrollo.

La labor de cada uno de los Sectores de la UIT se desarrolla en conferencias y reuniones en las que los Miembros negocian los acuerdos que servirán de base para la explotación de servicios mundiales de telecomunicaciones. El trabajo técnico de la Unión, que consiste en la preparación de estudios exhaustivos sobre la base de los cuales se formulan Recomendaciones muy bien aceptadas, corre a cargo de comisiones de estudio constituidas por expertos procedentes de organizaciones de telecomunicaciones líderes de todo el mundo.

- El UIT-R determina las características técnicas de los servicios y sistemas inalámbricos terrestres y espaciales, y desarrolla procedimientos operativos. Asimismo, realiza importantes estudios técnicos que sirven como base para las decisiones en materia de reglamentación que se toman en las conferencias de radiocomunicaciones.
- En el UIT-T, los expertos preparan especificaciones técnicas sobre el funcionamiento, el rendimiento y el mantenimiento de los sistemas, redes y servicios de telecomunicaciones. Estos expertos se encargan también de los principios de tarificación y de los métodos de contabilidad que se utilizan en la prestación de servicios internacionales.
- La labor fundamental de los expertos del UIT-D es preparar recomendaciones, opiniones, directrices, manuales, libros de referencia e informes en los que se ofrece a los altos ejecutivos de los países en desarrollo información sobre "las prácticas más recomendables" en ámbitos que van desde las estrategias y políticas de desarrollo a la gestión de las redes.

Actualmente la Unión cuenta con 24 comisiones de estudio repartidas entre sus tres Sectores (7 en el UIT-R, 14 en el UIT-T y 2 en el UIT-D), que en total elaboran unas 550 Recomendaciones nuevas o revisadas cada año. Cada Sector tiene también su propia oficina encargada de la ejecución de su plan de trabajo y de la coordinación de las actividades a nivel cotidiano.

## **Actividades especiales**

En 1996 la UIT celebró el primer Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones (FMPT), una reunión internacional que se convoca con el objeto de armonizar las políticas de telecomunicaciones sobre cuestiones que sobrepasan el ámbito nacional. La Conferencia de Plenipotenciarios, que es el órgano supremo de dirección de la UIT, determina la frecuencia de estos foros, mientras que la elección del tema de los mismos corre a cargo del Consejo, el órgano de gobierno de la UIT, que se reúne anualmente.

La UIT es también responsable de la organización de Telecom, la exposición más amplia y más influyente del mundo en el ámbito de las telecomunicaciones. Cada cuatro años se celebra una exposición mundial, y en los años intermedios entre una y otra, se celebran dos exposiciones regionales anuales en las regiones de Asia, África, América y los Estados árabes por orden de rotación. En las exposiciones de Telecom, que han sido concebidas como servicio a los Miembros de la UIT, se dan a conocer las últimas tecnologías y se promueven debates sobre las cuestiones que más preocupan a la industria dentro del amplio programa de sus foros.

## **Sector de Radiocomunicaciones**

El Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) tiene como tarea determinar las características técnicas y los procedimientos operativos de una gama cada vez mayor de servicios. Otra función fundamental del Sector es la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas, un recurso natural finito cada vez más solicitado debido al rápido desarrollo de los nuevos servicios de radiocomunicaciones y a la enorme popularidad de las tecnologías de comunicaciones móviles.

Como coordinador del espectro a nivel mundial, el Sector de Radiocomunicaciones es el responsable de la elaboración y la aprobación del Reglamento de Radiocomunicaciones, un voluminoso conjunto de normas con carácter de tratado internacional vinculante por el cual se rige la utilización del espectro radioeléctrico por unos 40 servicios diferentes en todo el mundo. A través de su Oficina, el Sector se encarga también de la gestión y el mantenimiento del Registro Internacional de Frecuencias, que actualmente contiene alrededor de 1 265 000 asignaciones de frecuencias terrestres, 325 000 asignaciones que sirven a 1 400 redes de satélites y otras 4 265 asignaciones relativas a estaciones terrenas de satélite.

Además, el UIT-R es responsable de coordinar los esfuerzos para que los satélites de comunicación, radiodifusión y meteorología, que giran cada vez en mayor número en torno a la Tierra, puedan coexistir sin que ninguno de ellos cause interferencia perjudicial a los servicios de otro. La Unión facilita los acuerdos entre operadores y gobiernos y ofrece instrumentos y servicios prácticos para ayudar a los administradores del espectro de frecuencias radioeléctricas a realizar su labor cotidiana.

## **El Reglamento de Radiocomunicaciones**

Dado que la utilización y la gestión a nivel mundial del espectro requieren un alto grado de cooperación internacional, una de las principales tareas del UIT-R consiste en supervisar y facilitar las complejas negociaciones intergubernamentales necesarias para elaborar acuerdos entre Estados soberanos. Estos acuerdos se incluyen en el Reglamento de Radiocomunicaciones y en planes regionales aprobados para los servicios móviles y de radiodifusión.

El Reglamento de Radiocomunicaciones se aplica a las frecuencias que van de 9 kHz a 400 GHz, y tiene ahora más de 1000 páginas de información en las que se describe cómo ha de utilizarse el espectro y cómo ha de compartirse a nivel mundial. En un mundo cada vez más *inalámbrico*, unos 40 servicios diferentes de radiocomunicaciones compiten por atribuciones de espectro que les proporcionen el ancho de banda necesario para su posible expansión y para dar cobertura a un mayor número de usuarios.

## **La gestión del espectro**

La porción del espectro de frecuencias radioeléctricas adecuada para las comunicaciones se divide en *bloques*, cuyo tamaño varía según las necesidades de cada servicio. Estos bloques se llaman *bandas de frecuencias*, y se atribuyen a los servicios en régimen exclusivo o compartido. La lista completa de servicios y de bandas de frecuencias atribuidas a los mismos en las diferentes regiones constituye el Cuadro de atribución de frecuencias, que a su vez forma parte del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Sólo una conferencia mundial de radiocomunicaciones puede introducir cambios en el Cuadro y en el propio Reglamento. Estos cambios se realizan sobre la base de negociaciones entre las delegaciones nacionales, que trabajan para hacer compatibles las distintas demandas de mayor capacidad con la necesidad de proteger los servicios existentes. Si un país o grupo de países desea

obtener una banda de frecuencias para un fin que no esté contemplado en el Cuadro de atribución de frecuencias, pueden introducirse cambios en el mismo, siempre que se obtenga el consenso de todos los Estados Miembros. En tal caso, el cambio puede indicarse por medio de una nota o autorizarse por medio de la aplicación de un procedimiento del Reglamento de Radiocomunicaciones, según el cual las partes implicadas deben solicitar oficialmente el acuerdo de cualquier otro país que se vea afectado por el cambio antes de que el nuevo servicio comience a utilizar la banda.

Además de administrar el Cuadro de atribución de frecuencias, las conferencias mundiales de radiocomunicaciones pueden también aprobar planes de asignaciones o de adjudicaciones para servicios en los cuales la transmisión y la recepción no se limitan necesariamente a un determinado país o territorio. En el caso de los planes de asignaciones, las frecuencias se atribuyen sobre la base de las necesidades comunicadas por cada país para cada estación dentro de un determinado servicio, mientras que en el caso de los planes de adjudicaciones, se adjudican a cada país las frecuencias que utilizará un determinado servicio, y después las autoridades nacionales se encargan de hacer las asignaciones correspondientes a cada estación dentro de ese servicio.

El UIT-R realiza la labor técnica previa que permite a las conferencias de radiocomunicaciones tomar decisiones fundamentadas, y que consiste en elaborar procedimientos reglamentarios y examinar cuestiones técnicas, planificar parámetros y criterios de compartición con otros servicios con el fin de calcular el riesgo de interferencia perjudicial.

### **Sector de Normalización**

El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT-T) es el encargado de llevar a cabo la actividad más antigua de la UIT, que es elaborar normas técnicas y de explotación a nivel internacional y definir tarifas y contabilidad para los servicios internacionales de telecomunicaciones. La labor del UIT-T tiene por objeto facilitar la interconexión sin interrupciones de las redes y sistemas de comunicaciones de todo el mundo.

En estos momentos en los que convergen con rapidez las telecomunicaciones, la tecnología de la información, la radiodifusión, la electrónica de consumo y la industria del contenido, el UIT-T está llamado a formular nuevas Recomendaciones que promuevan el interfuncionamiento de los equipos de estos campos antaño independientes y faciliten el desarrollo de un nuevo mundo de comunicaciones basadas en los multimedia.

Las normas aceptadas y aprobadas a nivel mundial permiten a todos los países gozar del acceso a las comunicaciones más avanzadas y constituyen una base para la aplicación comercial de las nuevas tecnologías a escala mundial. Gracias a una labor de normalización que comenzó hace más de 130 años, la UIT ha contribuido al crecimiento del sector mundial de las telecomunicaciones, que se ha convertido en la tercera industria del planeta.

Dado que la mayoría de sus Miembros proceden del sector privado, el UIT-T es consciente de la importancia del equilibrio entre la rapidez y la solidez a la hora de elaborar normas. Ya ha agilizado mucho el proceso de realización de sus Recomendaciones para ajustarse al ritmo del mercado, y continúa realizando arduos esfuerzos para que la industria disponga de las nuevas normas que le resultan esenciales en el menor tiempo posible.

## **Elaboración de una norma**

En el curso de un año, cientos de expertos se reúnen en la Sede de la UIT y ofrecen desinteresadamente su tiempo, su experiencia y sus competencias técnicas a las comisiones de estudio que se dedican a la elaboración de nuevas Recomendaciones UIT-T y a la revisión de las ya existentes. El UIT-T produce actualmente unas 210 Recomendaciones cada año, lo que representa una norma nueva o actualizada cada día.

Las normas mundiales constituyen para los proveedores una base sólida sobre la cual competir en el mercado mundial sin barreras técnicas. Por último, las normas mundiales protegen a los usuarios de los problemas de incompatibilidad entre sistemas *rivales*, algo que puede resultar desastroso en un mundo que depende cada vez más de las telecomunicaciones para la actividad económica y la provisión de servicios públicos esenciales.

En un mercado de equipos de telecomunicaciones abierto a la competencia, las especificaciones técnicas para nuevos sistemas se acuerdan normalmente durante largas y arduas negociaciones entre los actores más importantes del sector. Por tanto la UIT constituye un foro multilateral único en el que los competidores pueden exponer sus intereses en un ambiente de debate constructivo y en un marco que les permite conciliar sus diferencias en beneficio de los consumidores.

## **Sector de Desarrollo**

En el último decenio, el procesamiento electrónico y el intercambio de información se han convertido en actividades básicas del mundo de los negocios, de forma que el acceso asequible y confiable a las redes de telecomunicaciones es ahora un elemento esencial para la competitividad económica de los países de todo el mundo. Al mismo tiempo, el rápido crecimiento de los recursos de información en línea como Internet está creando un nuevo mundo en el que el acceso rápido a la información depende cada vez más del acceso a los servicios avanzados de telecomunicaciones.

Actualmente, unos dos tercios de los 189 países Miembros de la UIT adolecen de la falta de acceso confiable a los servicios básicos de telecomunicaciones. La tarea fundamental del Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-D), es contribuir a reducir este desequilibrio promoviendo la inversión y facilitando la implementación de infraestructuras de telecomunicaciones en los países en desarrollo de todo el mundo.

En los últimos años se ha visto claramente que conseguir un desarrollo sostenible en lo que respecta al acceso a las telecomunicaciones requiere la existencia de un marco político y socioeconómico propicio a la actividad empresarial y a la inversión. Por este motivo, la función de la UIT con respecto al desarrollo de las telecomunicaciones, consistente en la provisión de asistencia técnica, se ha orientado ahora hacia la asesoría de temas relativos a la reforma del sector de las telecomunicaciones.

Las actividades del Sector son el asesoramiento en cuestiones de política, reglamentación, financiamiento de las telecomunicaciones y alternativas tecnológicas de bajo costo, la asistencia en la gestión de los recursos humanos, y las iniciativas orientadas al desarrollo rural y al acceso universal. En todas estas actividades, el UIT-D trata con empeño de crear asociaciones con el sector privado, con el fin de que el impulso comercial de la industria sirva para responder a las necesidades de los países en desarrollo.

El Sector produce también recursos de información acreditados, con los que se ofrece un análisis de las tendencias del sector mundial de las telecomunicaciones, fundado en estadísticas oficiales procedentes de las fuentes más importantes de información al respecto.

Para satisfacer efectivamente las necesidades de los Miembros de todo el mundo, el Sector mantiene una intensa presencia regional a través de 11 oficinas situadas en África, los Estados

Árabes, Asia y América Latina. Además, celebra periódicamente conferencias mundiales y regionales sobre el desarrollo de las telecomunicaciones que se centran en iniciativas orientadas a los objetivos, por medio de las cuales puedan conseguirse mejoras rápidas y sostenibles en el acceso a los servicios de telecomunicaciones.

El Sector es también el foro en el que se reúne periódicamente el Grupo Asesor de Desarrollo de las Telecomunicaciones (GADT), con objeto de asesorar al Director de la Oficina sobre las prioridades, las estrategias y las actividades del UIT-D y de elaborar directrices prácticas para el trabajo futuro.

El UIT-D es conciente de la necesidad de actuar rápidamente para modernizar las redes de telecomunicaciones de África, los Estados Árabes, América Latina y ciertas partes de Asia, con el fin de fomentar el desarrollo económico y reducir la brecha que separa a estas regiones de los países más avanzados.

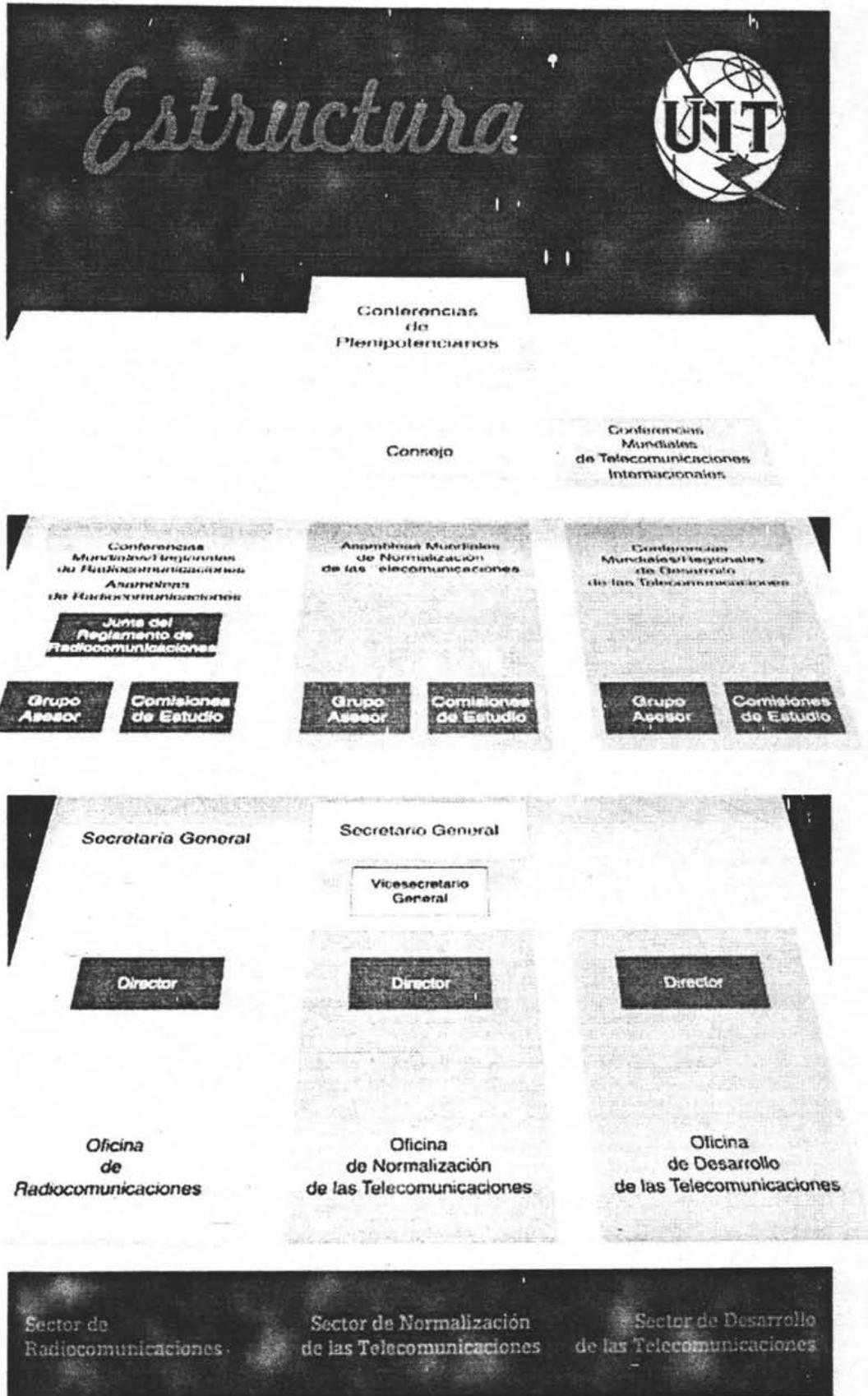


Figura 5. 1. Estructura de la UIT

## 5.2. Organización Internacional de Normalización (ISO)

La Organización Internacional de Normalización ISO es un organismo no gubernamental, cuyo objetivo primordial es promover el desarrollo de la normalización y actividades relacionadas en el mundo, con la finalidad de facilitar el intercambio internacional tanto de bienes como de servicios. Además, promueve el desarrollo y la cooperación en la esfera de las actividades intelectuales, científicas y económicas. El resultado de los trabajos de la ISO se refleja en acuerdos globales, los cuáles se publican como normas internacionales. La Organización Internacional de Normalización se integra por 130 países representados a través de su entidad normalizadora más importante. México es considerado uno de sus fundadores, a través de la DGN. Inició su participación oficial desde el 23 de febrero de 1947. La ISO cuenta con órganos políticos, atendidos, en su gran mayoría, directamente por la DGN. En cambio, la labor técnica de creación de las normas se delega en Comités Técnicos, que a su vez pueden integrar varios Subcomités, en los que es posible participar, ha fin de hacer valer el interés nacional en el ámbito de la Organización.

### ESTRUCTURA GENERAL DE LA ISO

La ISO fundamentalmente esta conformada por una **Asamblea General**, la cual está constituida por un grupo de Delegados que son nombrados por los Organismos Miembros. Esta Asamblea General debe reunirse por lo menos cada 3 años y durante su sesión cada miembro tiene derecho a emitir un sólo voto por cada uno de los acuerdos emanados. Y por un **Consejo** que esta constituido por un Presidente y por las representaciones de 18 organismos, que duran en su cargo tres años y cuyas funciones principales son las de vigilar que el trabajo que se lleva a cabo se realice dentro de las disposiciones que se encuentran en los Estatutos y en las Reglas de Procedimiento de la Organización. Con el propósito de realizar en forma eficaz sus funciones, el Consejo ha creado los siguientes órganos:

- **Junta Directiva:** ayuda al Consejo a estudiar asuntos de administración y organización que pudieran surgir entre las reuniones del Consejo y toma medidas en nombre del Consejo para la designación de Presidentes de Comités Técnicos.
- **Junta Técnica:** asesora al Consejo en todos los asuntos tocantes a la organización, coordinación y planeación del trabajo técnico de la ISO. Revisa y aprueba títulos y alcances de Comités Técnicos individuales para garantizar la mayor coordinación y evitar hasta donde sea posible la duplicidad de trabajos, examina recomendaciones apropiadas al Consejo, actúa, si es necesario, dentro del sistema de la política previa de decisiones del consejo, recomienda el establecimiento o eliminación de Divisiones Técnicas.
- **CASCO (Comité para el Aseguramiento de la Conformidad):** estudia medios para el aseguramiento de la conformidad de producto, procesos, servicios y sistemas de calidad con las normas apropiadas u otras especificaciones técnicas, prepara guías para pruebas, inspección y certificación de productos, procesos, y servicios y aseguramiento de sistemas de calidad, laboratorios de ensayos, organismos de inspección, certificación para su operación y aceptación. Promueve el reconocimiento y aceptación mutua de sistemas nacionales y regionales de aseguramiento de conformidad con normas internacionales para los ensayos, inspección, certificación y actividades relacionadas.
- **COPOLCO (Comité para Políticas del Consumidor):** estudia los medios para ayudar al consumidor a beneficiarse con la Normalización Nacional e Internacional.
- **DEVCO (Comité de Desarrollo):** identifica las necesidades y analiza las propuestas de países en vías de desarrollo en campos de la normalización (Control de Calidad, Metrología, Certificación, etc.) y los apoya para solucionar dichas necesidades.

- **INFCO (Comité de Información):** promueve los objetivos establecidos en la Constitución de ISONET (Red de Información de la ISO), ayuda en la armonización de las actividades de los centros de información sobre normas, regulaciones técnicas y asuntos relacionados, fomenta el uso de Normas Internacionales en el trabajo de los Centros Individuales de Información y del sistema de trabajo en conjunto, estimula el intercambio de conocimientos y experiencias entre los centros y fomenta el entrenamiento de personal para la información internacional. Asesora al Consejo en lo antes mencionado y en otros asuntos relacionados con la recopilación, almacenamiento, recuperación, aplicación y difusión de información técnica y científica sobre normalización.
- **REMCO (Comités obre Materiales de Referencia):** establece definiciones, categorías, niveles y clasificación de materiales de referencia que emplea la ISO, formula el criterio que deberá aplicarse para la selección de fuentes que se mencionan en los documentos de la ISO, propone, hasta donde sea posible, las medidas a tomarse sobre materiales de referencia, requeridos por los trabajos técnicos de la ISO y atiende asuntos de su competencia que surjan con relación a otras organizaciones internacionales y asesora al Consejo sobre medidas a tomarse.
- **STACO (Comité Permanente para el Estudio de los Principios de la Normalización):** elabora e informa sobre los métodos para la identificación de necesidades de normalización y para la selección de prioridades, incluyendo métodos para medir los efectos de la normalización. Elabora la clasificación de los diferentes tipos de normas, las definiciones básicas para la normalización y los principios para la preparación de las normas, así como los métodos de adiestramiento en el campo de la normalización.

## COMITÉS TÉCNICOS DE LA ISO

El trabajo técnico de la ISO se lleva a cabo a través de los Comités Técnicos (TC). Cada Comité puede establecer Subcomités (SC) y Grupos de Trabajo (WG) para cubrir las diferentes áreas de su campo de especialización. Los organismos miembros que deciden tomar parte activa en el trabajo del Comité Técnico o Subcomité se designan con el nombre de "Miembros Participantes" (P) de dicho Comité o Subcomité. Los países que solamente desean estar enterados del trabajo que realizan los Comités Técnicos o Subcomités se registran como "Miembros Observadores" (O). La mayor parte del trabajo técnico se lleva a cabo a través de correspondencia. Solamente cuando es completamente justificable se convoca a reunión internacional. Cada año se circulan alrededor de 10, 000 documentos de trabajo. Los organismos miembros que deciden tomar el carácter de "miembro P" tienen los siguientes derechos y obligaciones:

### Derechos:

- Tener voz y voto durante las reuniones de la Asamblea General
- Integrar y participar en los Comités Técnicos que se constituyan, para dar cumplimiento a los objetivos de la ISO.
- Recibir los documentos oficiales del Secretariado Central de la ISO.
- Emitir comentarios y observaciones a los documentos técnicos.

## Obligaciones:

- Cumplir con las Directrices de la ISO/IEC y con las decisiones que emanan de la Asamblea y el Consejo.
- Asistir a las Reuniones de la Asamblea y del Consejo, cuando se participe como miembro de este ultimo.
- Votar, en los casos en los que corresponda, pudiendo abstenerse de hacerlo.
- Pagar en término la cuota que establezca el Consejo de la ISO.

# ISO STRUCTURE

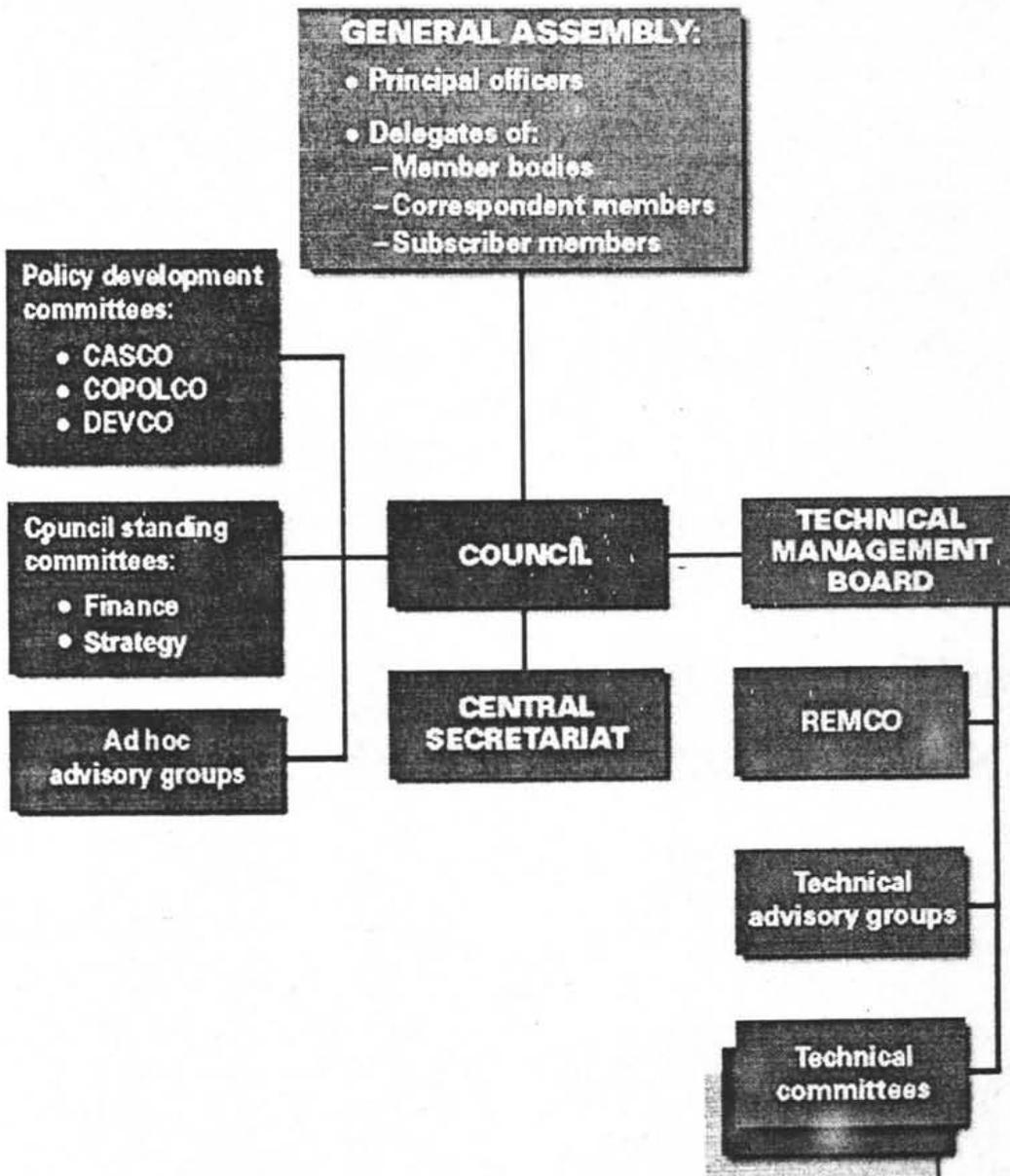


Figura 5. 2. Estructura de la ISO

### 5.3. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Es una sociedad profesional con membresía en todo el mundo. Se desempeña en actividades técnicas, educacionales y profesionales que promueven la teoría y la practica de la electrotecnología para el desarrollo personal y profesional de sus miembros. Fomenta el conocimiento y los avances científicos y tecnológicos. Los miembros del IEEE transforman estos conocimientos en "productos" prácticos y seguros, y en procedimientos para una mejor calidad de vida.

#### Objetivos

- Científicos y educativos: promover el avance de las teorías y las prácticas de la electrotecnología
- Profesionales: fomentar el progreso y el desarrollo profesional de su membresía
- Sociales: mejorar la calidad de vida a través de la aplicación de la electrotecnología. Promover el entendimiento de la electrotecnología ante la sociedad

#### Organización mundial

El IEEE atiende a más de 382,000 ingenieros, estudiantes de ingeniería, científicos y otros profesionales en más de 175 países, dividido en:

- 10 Regiones
- 20 Consejos
- 304 Secciones (mas del 35% fuera de USA.)
- 49 Subsecciones
- 1384 Capítulos Técnicos
- 1450 Ramas Estudiantiles
- 323 Capítulos Técnicos de ramas estudiantiles

#### REGIONES

- |                |  |
|----------------|--|
| ➤ REGIÓN 1 USA | ➤ REGIÓN 6 USA                               |
| ➤ REGIÓN 2 USA | ➤ REGIÓN 7 CANADÁ                            |
| ➤ REGIÓN 3 USA | ➤ REGIÓN 8 EUROPA, MEDIO ORIENTE<br>Y ÁFRICA |
| ➤ REGIÓN 4 USA | ➤ REGIÓN 9 LATINOAMÉRICA                     |
| ➤ REGIÓN 5 USA | ➤ REGIÓN 10 ASIA Y PACÍFICO                  |

## REGIÓN 9 LATINOAMÉRICA

En esta región participan más de 17 países. Atiende a más de 9600 ingenieros y estudiantes de ingeniería científicos y otros profesionales, dividido en:

- 4 Consejos
- 30 Secciones
- 4 Subsecciones
- 87 Capítulos Técnicos
- 198 Ramas Estudiantiles
- 16 Capítulos Técnicos de ramas estudiantiles

Países que integran la región 9:

Argentina	Honduras
Bolivia	México
Brasil	Nicaragua
Chile	Panamá
Colombia	Perú
Costa Rica	Puerto Rico
Ecuador	Uruguay
El Salvador	Venezuela
Guatemala	

#### 5.4. American National Standards Institute (ANSI)

El American National Standards Institute (ANSI) es una organización privada, no lucrativa, que administra y coordina el sistema de estandarización de Estados Unidos. La misión del instituto es realzar la competitividad global de las empresas de Estados Unidos para mejorar la calidad de vida de los estadounidenses, promoviendo y facilitando estándares. El ANSI es el representante oficial de Estados Unidos en el Foro Internacional de la Acreditación (IAF) y de la International Organization for Standardization (ISO), entre otros organismos internacionales.

ANSI se ha ocupado en administrar y coordinar el sistema de estandarización del sector privado de Estados Unidos por más de 80 años. Fue fundado en 1918 por cinco sociedades y tres agencias estatales, y cuenta aproximadamente con más de 1000 miembros entre compañías y organismos gubernamentales nacionales e internacionales. El instituto esta apoyado por un "distrito electoral" de las organizaciones del sector privado y público.

El ANSI facilita el desarrollo de estándares acreditando los procedimientos que desarrollan las organizaciones. Estos grupos trabajan cooperando entre si para desarrollar estándares nacionales. La acreditación de ANSI significa que los procedimientos usados resuelven los requisitos esenciales de libertad, consenso y balance. El proceso abierto y justo de la ANSI asegura que todos los involucrados tengan una oportunidad de participar en el desarrollo de un estándar.

El ANSI promueve el uso de los estándares de Estados Unidos internacionalmente, aboga por la política y por las posiciones técnicas de Estados Unidos en organizaciones de estándares internacionales y regionales, y anima la adopción de estándares internacionales como estándares nacionales donde resuelven las necesidades de la comunidad de usuario. El ANSI casi participa en el programa técnico entero de la ISO y administra a muchos comités y subgrupos dominantes. En muchos casos, los estándares de Estados Unidos se adoptan en la ISO y la UIT. Está conformado por las siguientes entidades principales:

- **Junta Directiva (Board of Directors):** esta compuesta por aproximadamente 40 representantes de los miembros de la ANSI y es la responsable del gobierno, de las publicaciones, de las características y de los asuntos del Instituto.
- **Forums:** los miembros del Forum representan la voz de sus respectivas áreas dentro del Instituto, proporcionan un espacio para el dialogo sobre estándares globales.
- **Paneles de planeación:** es un grupo de miembros que guían la coordinación y las necesidades de desarrollo de estándares de un sector industrial en particular.

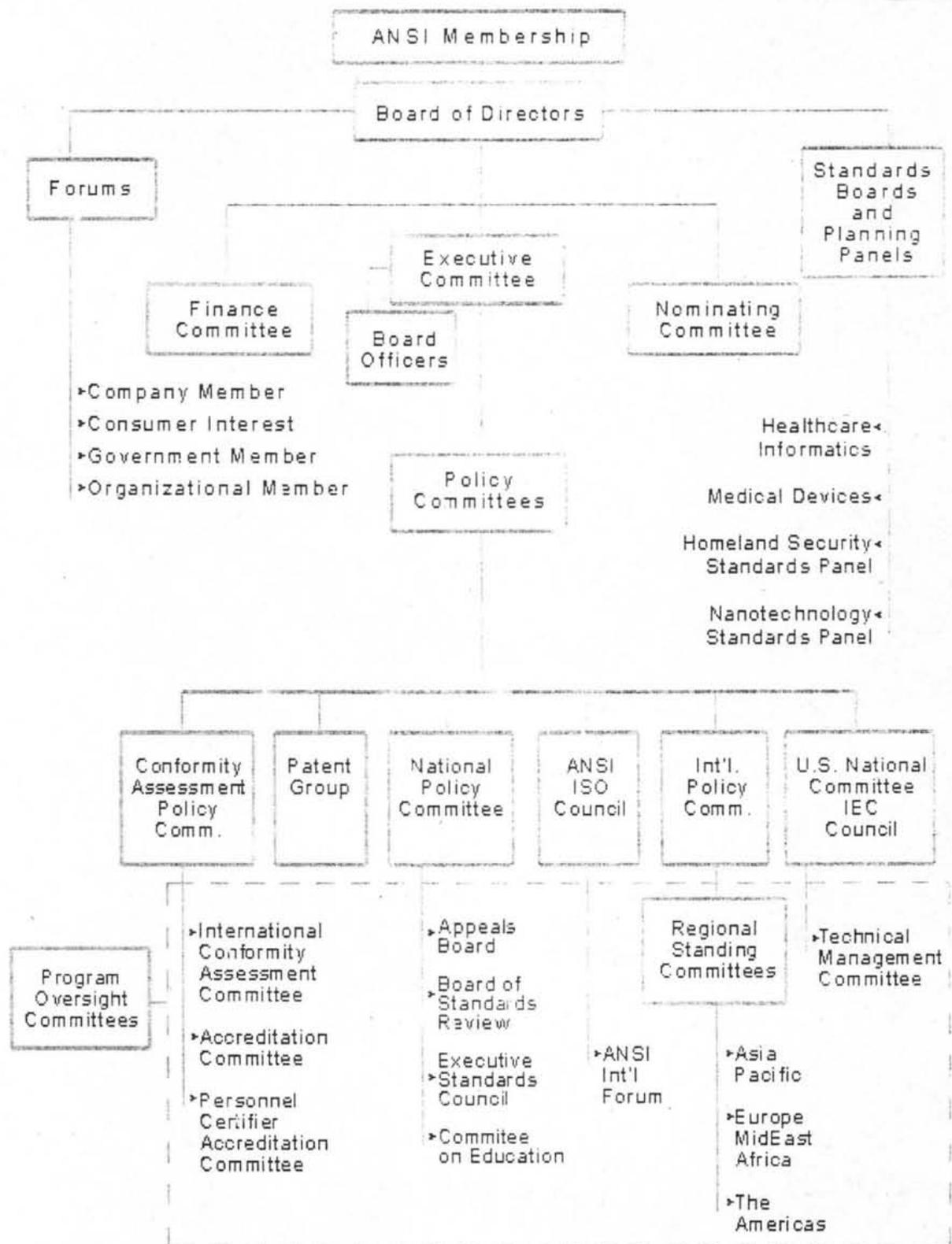


Figura 5. 3. Estructura ANSI

## 5.5. European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

El Instituto Europeo de los Estándares de las Telecomunicaciones (ETSI) es una organización independiente, no lucrativa, cuya misión es producir los estándares de las tecnologías de información y de comunicación (ICT) dentro de Europa. Estas tecnologías incluyen telecomunicaciones, la difusión y áreas relacionadas tales como transporte inteligente y electrónica médica.

ETSI une a 688 miembros entre fabricantes, operadores de red, administraciones, abastecedores de servicio, entidades de la investigación y usuarios. ETSI desempeña un papel importante en el desarrollo de una amplia gama de estándares y de la otra documentación técnica como contribución de Europa a la estandarización mundial. Esta actividad es apoyada por servicios de prueba de la interoperabilidad y otras especializaciones. El objetivo principal de ETSI es apoyar la armonización global proporcionando un foro en el cual todos los participantes puedan contribuir activamente. ETSI es reconocido oficialmente por la Comisión de las Comunidades Europeas y la secretaría de la EFTA.

Los miembros de ETSI determinan el programa de trabajo del Instituto, asignan recursos y aprueban sus deliberaciones. Consecuentemente, las actividades de ETSI se alinean de cerca con necesidades del mercado y hay aceptación amplia de sus productos.

ETSI consiste en una Asamblea General, una Junta, una Organización Técnica y una Secretaría, que es dirigida por un director general asistido por un diputado Director-General:

- **La Asamblea General (GA):** es la autoridad más alta del Instituto y abarca a todos los miembros de ETSI.
- **La Junta:** es el brazo ejecutivo de la GA y actúa a nombre del GA.
- **La Organización Técnica (A):** es responsable del trabajo técnico de ETSI, produciendo y aprobando las deliberaciones de la ETSI. Las actividades principales son el desarrollo de estándares. Todos juntos representan actualmente más de 3500 expertos que trabajan para ETSI en alrededor de 200 grupos.

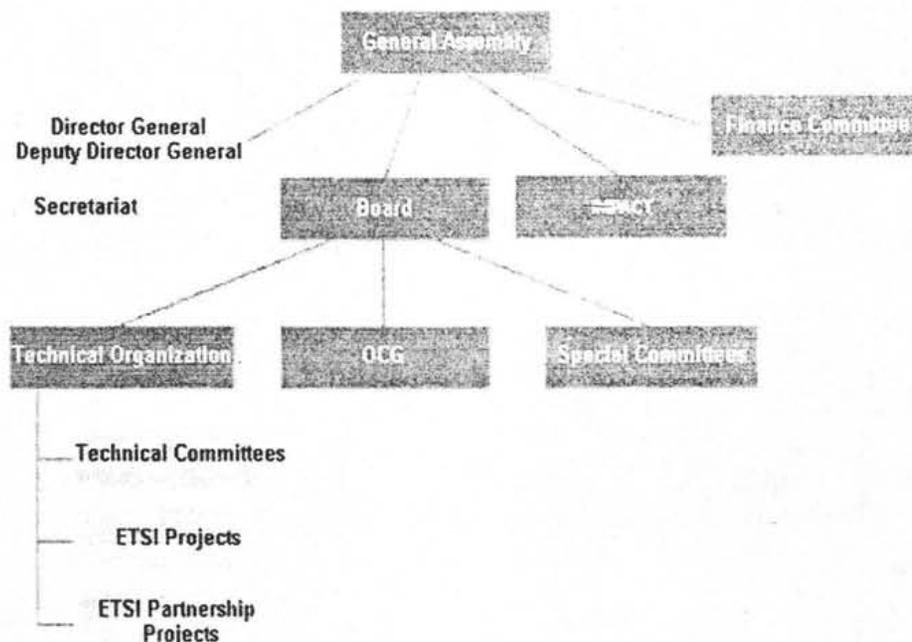


Figura 5. 4. Estructura ETSI

*All alone, or in two's,  
The ones who really love you  
Walk up and down outside the wall.  
Some hand in hand  
And some gathered together in bands.  
The bleeding hearts and artists  
Make their stand.  
And when they've given you their all  
Some stagger and fall,  
After all it's not easy  
Banging your heart  
against some mad bugger's wall.*

## 6. Conclusiones.

La humanidad siempre ha tenido necesidad de comunicarse con otros seres humanos; ya sea para indicar un nuevo lugar de pesca; ya para el fallecimiento de un familiar; ya para dar noticias acerca de un conflicto con otras culturas o pueblos, como lo atestiguan las hogueras que de monte en monte comunicaron a los habitante de Argos la caída de Troya, etc. Recordemos que estas formas de comunicación "primitivas" fueron las mismas hasta hace tan solo 100 años. Con el desarrollo de la teoría electromagnética por James C. Maxwell, se aceleró de manera exponencial la evolución de las telecomunicaciones.

En la actualidad las telecomunicaciones tienen un nuevo rostro, jamás imaginado por Maxwell (ni por nosotros mismos), en este inicio de siglo. Todos los días surgen nuevas tecnologías, novedosos e increíbles servicios y aplicaciones que hacen la vida más ociosa y agradable también. En este ambiente, estas innovaciones están impulsadas y promovidas por una competencia muy fuerte, consecuencia de la tan mentada *globalización*. Ésta ha provocado que el mundo de las telecomunicaciones se encuentre en una etapa de intensa normalización, gracias a la cual se resuelven muchísimos problemas, como por ejemplo la incompatibilidad entre sistemas. La estandarización, encabezada por los organismos internacionales como ISO, UIT, IEEE, es el eje principal sobre el cual giran las telecomunicaciones, para bien y para mal.

Tecnologías como SDH y ATM son la base de las telecomunicaciones actuales y se pronostica que lo seguirán siendo en el futuro. A éstas hay que agregar el uso de Internet como una red de información que seguirá expandiéndose, y se prevé que en breve soportará servicios proporcionados por PSTN e ISDN. Los costos de los servicios de telecomunicaciones tenderán a seguir bajando, gracias a las nuevas tecnologías que surjan, a la desregulación de los mercados, la expansión de los servicios y la competencia.

Todos estos cambios se combinarán para formar lo que los expertos llaman "*Information Superhighway*". A final de cuentas, solo el tiempo dirá qué servicios serán creados; cuál de ellos será el más popular; y lo más importante, cómo cambiará nuestra vida diaria. Bajo esta perspectiva, a los ingenieros y a los profesionales de las telecomunicaciones solo nos queda prepararnos más y mejor, actualizarnos para que el futuro no nos sorprenda y ser más participativos e innovadores en el desarrollo tecnológico y la investigación para hacer frente a la competencia que se avecina.

## 7. Glosario.

**Ancho de banda:** es el rango de frecuencia entre la más alta y la más baja que pueden pasar a través de un componente, circuito o sistema.

**Antena:** es un equipo utilizado por los enlaces por radio para la transmisión de las gamas de frecuencia.

**Atención al cliente:** es toda relación entre el operador y el usuario, que determina que el usuario conozca y pueda utilizar el servicio en forma adecuada.

**Atenuación:** degradación de las señales al pasar por un medio de transmisión; generalmente, la atenuación se incrementa con la frecuencia y la longitud del cable; muy a menudo se expresa como una relación en decibeles.

**Atribución de una banda de frecuencias:** "inscripción" en el Cuadro de Atribución de bandas de frecuencias, de una banda de frecuencias determinada, para que sea utilizada por uno o varios servicios de radiocomunicación terrenal o espacial o por el servicio de radioastronomía en condiciones especificadas. Este término se aplica también a la banda de frecuencias considerada.

**Banda ancha:** capacidad de transmisión con anchura de banda suficiente para ofrecer conjuntamente voz, datos y vídeo.

**Banda base:** señal que no ha pasado por la etapa de modulación.

**Banda de guarda:** ancho de banda no utilizado que separa canales, previniendo la intermodulación, en un sistema de multicanalización por división de frecuencias.

**Canal:** es un medio de transmisión unidireccional de señales entre dos puntos, por línea física, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

**Canal radioeléctrico:** es el par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de un canal de voz o de señales de acceso y control de las estaciones del sistema.

**Comunicación por microondas:** la comunicación por microondas no requiere un medio "sólido" y es el método de transmisión de "largo recorrido" más extensamente usado. La transmisión por microondas se utiliza cuando es posible establecer una línea recta entre dos puntos (enlaces satelitales, entre dos edificios en un área metropolitana, a través de áreas extensas abiertas donde no es práctico tender un cable como en desiertos, pantanos y lagos extensos). Un sistema de transmisión por microondas consta de dos antenas bidireccionales que enfocan haces de energía electromagnética u ondas de radio de uno a otro punto.

**Contenedor virtual:** se trata de estructuras digitales que actúan como soporte de las conexiones en la red SDH.

**Dispersión ionosférica:** propagación de las ondas radioeléctricas por dispersión, como consecuencia de irregularidades y discontinuidades en la ionización de la ionosfera.

**Dispersión en la troposfera:** propagación de las ondas radioeléctricas por dispersión, como consecuencia de irregularidades y discontinuidades en las propiedades físicas de la troposfera.

**Dispositivo de acceso:** equipo de comunicaciones de datos que provee conexión de los equipos en las instalaciones de los clientes a la red de un carrier; algunos ejemplos incluyen a los modems, unidades de servicio integradas, ensambladores/des-ensambladores de paquetes y terminales.

**E1:** una conexión capaz de transportar datos a 2,048 Mbps. La serie de conexiones "E" (E1, E2, E3, etc.) se utiliza para la conexión en la mayoría de los países, con excepción de Canadá, Japón y Estados Unidos.

**Elemento de red:** es una facilidad o equipo utilizado en la prestación de un servicio de telecomunicaciones e individualizado a los fines de la interconexión. Este término incluye características, funciones y capacidades como, por ejemplo, acceso local a abonados, conmutación, bases de datos, sistemas de transmisión, sistemas de señalización, información necesaria para la facturación o cobranza, encaminamiento, entre otros.

**Enlace punto a punto:** topología de comunicación básica; el punto A es conectado al punto B. Las conexiones pueden ser fijas (dedicadas) o conmutadas.

**Equipo de codificación y decodificación:** dispositivo que codifica y decodifica digitalmente las señales de voz. Dispositivo que codifica y decodifica señales de vídeo, utilizado para videoconferencia.

**Equipo de comunicaciones de datos:** equipo que provee las funciones requeridas para establecer, mantener y terminar una conexión (incluyendo la conversión de señal) para comunicaciones entre el equipo terminal de datos y la línea telefónica o circuito de datos.

**Equipo de telecomunicaciones:** es el equipo, que no sea el equipo terminal del cliente o usuario, utilizado por los prestadores para prestar servicios de telecomunicaciones.

**Equipo terminal:** equipo conectado a una red de telecomunicaciones para proporcionar acceso a uno o más servicios específicos. Equipo que proporciona las funciones necesarias para la ejecución de los protocolos de acceso por el usuario. Grupo funcional en el lado usuario de un interfaz usuario - red.

**Equipo terminal de telecomunicaciones:** comprende todo el equipo de telecomunicaciones de los usuarios que se conecte más allá del punto de conexión terminal de una red pública con el propósito de tener acceso a uno o más servicios de telecomunicaciones.

**Espectro Electromagnético:** es el conjunto de todas las frecuencias de emisión de los cuerpos de la naturaleza. Comprende un amplio rango que va desde ondas cortas (rayos gamma, rayos X), ondas medias o intermedias (luz visible), hasta ondas largas (las radiocomunicaciones actuales).

**Estación:** uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarios para asegurar un servicio de radiocomunicación, o el servicio de radioastronomía en un lugar determinado.

**Estación repetidora:** estación de radiocomunicaciones transmisora-receptora destinada a recibir una señal de radio en una frecuencia determinada y transmitirla en otra frecuencia. Actúa como dispositivo intermedio para la comunicación entre las estaciones que conforman el sistema.

**ETHERNET:** es un protocolo de transporte para Redes de Área Local que apareció en la década de los 70. Permite un caudal de datos de 10 megabits por segundo. Sin embargo, dado que los anfitriones (host) sobre Ethernet pueden transmitir aleatoriamente en el tiempo, sin ninguna tecnología para impedir la colisión de datos, el caudal real de datos, depende de la carga soportada por la red Ethernet en una situación determinada, pudiendo oscilar en un rango entre los tres y los seis megabits por segundo. Para complicar las cosas, a pesar de eso se ha desarrollado una tecnología Ethernet de más de 100 megabits por segundo y recientemente se ha introducido una Ethernet a más de un gigabit por segundo.

**Fibra óptica:** consiste de un cilindro muy fino de vidrio llamado core, cubierto por un estrato de vidrio concéntrico llamado cladding. El vidrio en el cladding tiene un índice de refracción menor al que tiene el vidrio en el core. (La luz viaja más despacio en el core que en el cladding). Cuando un rayo de luz pasa de un medio con un índice de refracción mayor a un medio con un índice de refracción menor, el rayo se inclina hacia el medio original. De aquí, que si un rayo de luz es enviado en el core de una fibra óptica con un ángulo suficientemente oblicuo, es reflejado de nuevo hacia el core desde el cladding. Este proceso es repetido a medida que el rayo viaja a través del core. En otras palabras, la diferencia en el índice de difracción entre el material del core y el material del cladding guía al rayo de luz desde un extremo al otro de la fibra. Las ventajas que posee respecto al cable coaxial son: inmunidad a inducción externa, menor diámetro versus mayor capacidad (fácil manipuleo, instalación y reparación), mejor resistencia a la humedad.

**FRAME RELAY:** Frame Relay constituye un método de comunicación orientado a paquetes para la conexión de sistemas informáticos. Se utiliza principalmente para la interconexión de redes de área local (LANs, local area networks) y redes de área extensa (WANs, wide are networks) sobre redes públicas o privadas. Las conexiones a una red Frame Relay requieren un router y una línea desde las instalaciones del cliente hasta el puerto de entrada a Frame Relay en la compañía de Telecomunicaciones. Frame Relay es un servicio de conmutación rápida de paquetes de nivel 2. Es un servicio de usuario RDSI en modo de paquetes, que opera en los dos primeros niveles del modelo OSI. El servicio está orientado principalmente al transporte de LAN, (esto quiere decir que se debe usar FRAME RELAY cuando el requerimiento de conexión entre puntos sea para REDES).

**Ganancia de una antena:** relación, generalmente expresada en decibeles, que debe existir entre la potencia necesaria a la entrada de una antena de referencia sin pérdidas y la potencia suministrada a la entrada de la antena en cuestión, para que ambas antenas produzcan, en una dirección dada, la misma intensidad de campo, o la misma densidad de flujo de potencia, a la misma distancia. Según la antena de referencia elegida se distingue entre: la ganancia isotrópica o absoluta, si la antena de referencia es una antena isotrópica aislada en el espacio; la ganancia con relación a un dipolo de media onda, si la antena de referencia es un dipolo de media onda aislado en el espacio y cuyo plano ecuatorial contiene la dirección dada; la ganancia con relación a una antena vertical corta, si la antena de referencia es un conductor rectilíneo mucho más corto que un cuarto de longitud de onda y perpendicular a la superficie de un plano perfectamente conductor que contiene la dirección dada.

**Interconexión:** es el acceso físico o virtual proporcionado entre prestadores a los efectos de posibilitar el acceso a clientes, usuarios, servicios o elementos de red. Es la unión entre dos redes de telecomunicaciones de operadores distintos, a través de medios físicos o radioeléctricos mediante equipos o instalaciones, que proveen líneas o enlaces de telecomunicaciones, permitiendo la transmisión, emisión o recepción de signos, señales, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza entre usuarios de ambas redes, en forma continua o discreta. Es la vinculación de recursos físicos y soportes lógicos, incluidas las instalaciones esenciales necesarias, para permitir el funcionamiento de las redes y la interoperabilidad de servicios de telecomunicaciones.

**Interface:** límite compartido, definido por características físicas de interconexión, características de señal y significado de las señales interconectadas. Equipo que provee este límite compartido.

**Línea digital de abonado de alta capacidad (HDSL):** permite la transmisión sobre las líneas existentes de cobre que proporcionan el servicio telefónico. La velocidad de transmisión esta basado en conexiones E (E1). El servicio es full-duplex y trabaja sobre dos pares trenzados de cable de cobre sin la necesidad de repetidores de señal.

**Módems:** dispositivo que realiza las acciones de modular y remodular una señal, lo cual representa las operaciones de transmisión y recepción, respectivamente, en un sistema de comunicaciones.

**Modo dúplex:** transmisión simultánea entre dos terminales correspondientes en sentidos opuestos.

**Modo semidúplex:** transmisión alterna entre dos terminales correspondientes en sentidos opuestos.

**Modo símplex:** transmisión de un solo sentido.

**Modo de transferencia ασίνχρονο (ATM):** estándar de la UIT para conmutación de celdas donde la información de múltiples tipos de servicios (voz, vídeo, datos) es conjuntada en pequeñas celdas de tamaño fijo. ATM es una tecnología orientada a conexión usada en ambientes LAN y WAN. Tecnología de conmutación de paquetes que permite el libre alojamiento de capacidad a cada canal. ATM es un protocolo estándar internacional ISDN para transmisión de alta velocidad, alto volumen y de conmutación de paquetes.

**Multiplexor:** permite enviar varias señales por un solo canal, el equipo hace que estas señales se "turnen" para ingresar y salir al canal, por diversos métodos.

**Nodo:** es el elemento de red, ya sea de acceso o de conmutación, que permite recibir y redirigir las comunicaciones.

**Nodo de interconexión:** es el nodo vinculado directamente con el punto de interconexión.

**PABX:** es una central de conmutación privada que está operada por un abonado de servicio de telecomunicaciones, la cual puede conectarse a una red pública como equipo terminal o a una red privada.

**Protocolo:** un conjunto de reglas y especificaciones formales que describen cómo transmitirse los datos, especialmente a través de una red.

**Radiación:** flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas radioeléctricas

**Radiocomunicación:** toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas.

**Red de telecomunicaciones:** conjunto de elementos que permite el transporte de señales de voz, sonidos, datos, textos, imágenes, video u otras señales de cualquier naturaleza entre dos o más puntos. Forman parte de esta red los equipos de, conmutación, transmisión y control, los cables, soportes lógicos y otros elementos físicos, así como el uso del espectro radioeléctrico.

**Red de transporte:** es la red que permite transportar señales entre nodos.

**Red digital:** una red de telecomunicaciones en la que la información se convierte en una serie de impulsos electrónicos distintos y, a continuación, se transmite como un tren digital de bits.

**Ruido:** señales eléctricas aleatorias, generadas por los componentes del circuito o por distorsiones naturales, que corrompen las comunicaciones.

**Señal:** fenómeno físico en el cual pueden variar una o más características para representar información.

**Σεριοιο δε τελεκομυνιχαχιονεσ:** κονυτο δε φυκτιονεσ, οφρεχιδα πορ υν ποβιδωρο, κε σε σοπορταν εν ρεδεσ δε τελεκομυνιχαχιονεσ κον εν φινε δε σατισφερ νεκεσιδασ δε λοσ υσuarioσ.

**Σεριοιο δε υλορ αγρεγαδο:** σεριοιο κομυλενταριο, (ιδητιφικαδορ δε λλαμαδασ, μύσικα, τελεβισιόν ιντερακτιβα, μυλτιμεδια, δατοσ, εντ.ε.), κε σε ινκορπορα α λοσ σεριοιοσ φυναλεσ δε τελεκομυνιχαχιονεσ. Εσ εν κε εμπελα υνα ρεδ δε τελεκομυνιχαχιονεσ κε κε τινε εντεο εν εν φορματο, κοντενιδο, κώδιγο, πορτοκολο, αλμακεναγιε ο ασεκτοσ σιμιλαρεσ δε λα ινφορμασιόν τρανσμιτιδα πορ αλγύν υσuario κε κε λλεβαν α λοσ υσuarioσ ινφορμασιόν αδικιονα, διφερεντε ο ρεεστρουκταρα, ο κε ιμπελιαν ιντερακιόν δελ υσuario κον ινφορμασιόν.

**Τοπολογία:** αργελο λόγικο ο φύσικο δε νοδοσ ο εστασιονεσ.

**Τρανσμισιονεσ διγιταλεσ:** υοζ, δατοσ, υιδεο κε οτρο τιπο δε ινφορμασιόν σε πουδεν τρανσμιτιρ ενφακιμεντε μεδιαντε συ κοδιφικασιόν κομο υαλορεσ βιναριοσ κε κον λα τρανσμισιόν δε εσοσ υαλορεσ κομο πολσοσ ενέκτρικοσ. Λοσ σεριοιοσ διγιταλεσ σον μάσ φυαβεσ κε λοσ αναλόγικοσ, εσεκιαλμεντε σοβρε διστανκιασ γρανδεσ.

**Υνιόν Ιντερνακιοναλ δε Τελεκομυνιχαχιονεσ:** αντεριορμεντε κονοχιδα κομο CCITT, εσ υνα αγιενκια δε λα Νακιονεσ Υνιδασ, εσταβλεχιδα πορ ποβιδωρ προκεδιμυνιτοσ κε πρாகτικασ δε κομυνιχαχιονεσ εστανδαριζαδοσ, ινκλυενδο λα ασιγνακιόν δε φυεκουενκιασ κε λα ρεγυλακιονεσ δελ εσεκτρο ραδιοενέκτρικο.

**Υσuario:** εσ τοδα ακειλλη πορσωνα φύσικα ο μορால κε εν φορμα εντενυαλ ο πορμανεντε τινε ακεσο α αλγύν σεριοιο ποβύκο ο πριβαδο δε τελεκομυνιχαχιονεσ.

**Υιδεοκονφερενκια:** λα υιδεοκονφερενκια πορπορκιονα υν μοδο δε κομυνικασιόν πορ κε λοσ υσuarioσ εν λυγαρεσ ρεμοτοσ μαntenγαν ρευνιονεσ δε τραβαγιο.

## 8. Bibliografía.

### Paginas Web:

<http://www.itu.int/home/index-es.html>

<http://www.ansi.org/>

<http://www.etsi.org/>

<http://www.ieee.org/>

<http://www.cft.gob.mx/>

<http://www.conatel.gov.ec/>

<http://www.pemex.com/>

### Apuntes:

**Comunicaciones Digitales.** Ing. Ulises Mavridis Tovar. ENEP Aragón. UNAM

**Radio, microondas y satélites.** Ing. Ulises Mavridis Tovar. ENEP Aragón. UNAM

**Sistemas de comunicaciones I.** Ing. Pablo Luna Escorza. ENEP Aragón. UNAM

**Teoría Electromagnética.** Dr. Guillermo Monsivais Galindo. Instituto de Física. UNAM

**Antenas y propagación.** Dr. Oleksander Martynyuk. Facultad de Ingeniería. UNAM

### Tesis:

García Guzmán, Enrique. **EMISORES ÓPTICOS PARA MULTIPLEXORES DIGITALES.** Asesor de tesis Ing. David Bernardo Estopier Bermúdez. 1995.

García del Valle, Noemí. **PRINCIPIOS Y ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN SDH.** Asesor de tesis Ing. Pablo Luna Escorza. 2003.

### Manuales:

**Manual del Usuario. SRT 1C. Sistema Radio SDH 1xSTM-1 (UMN).** Siemens Information and Communication Networks, Microwave Networks. 2002

**Manual del Operador. SRT 1C. Sistema de Radio SDH 1xSTM-1 (OMN).** Siemens Information and Communication Networks, Microwave Networks. 2001

**Manual del Operador. LOCAL CRAFT TERMINAL (SDH) OMN.** Siemens Information and Communication Networks, Microwave Networks. 1999

**TECHNICAL HANDBOOKS. STM-1/0 Long Haul Digital Radio Relay System. 9600 LSY Rel. 1.0 & 2.0.** Alcatel. 2000

**OPERATOR'S HANDBOOKS. STM-1/0 Long Haul Digital Radio Relay System. 9600 LSY Rel. 1.0 & 2.0.** Alcatel. 2000

**INSTALLATION AND LINE-UP HANDBOOKS. STM-1/0 Long Haul Digital Radio Relay System. 9600 LSY Rel. 1.0 & 2.0.** Alcatel. 2000

**Libros:**

Anttalainen, Tarmo. **INTRODUCTION TO TELECOMMUNICATIONS NETWORK ENGINEERING.** Primera edición. Artech House Publishers.

Balanis, Constantine A. **ANTENA THEORY. ANALISIS AND DESIGN.** Segunda edición. John Wiley & Sons, Inc.

Balanis, Constantine A. **ADVANCED ENGINEERING ELECTROMAGNETICS.** Primera edición. John Wiley & Sons, Inc.

Cardama, Jofre, Rius, Romeu y Blanch. **ANTENAS.** Primera edición. Alfaomega.

Couch II, Leon W. **DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS.** Tercera edición. Macmillan Publishing Company.

Barba Martí, Antoni. **GESTIÓN DE RED.** Primera edición. Alfaomega.

Dungan, Frank R. **ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS.** Tercera edición. Delmar Publishers.

Lee, Edward A. y Messerschmitt, David G. **DIGITAL COMMUNICATION.** Segunda edición. John Wiley & Sons, Inc.

Peebles, Peyton Z. **DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS.** Primera edición. Prentice Hall.

Proakis, John G. Y Salehi, Masoud. **COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING.** Primera edición. Prentice Hall.

Rosado, Carlos. **COMUNICACIÓN POR SATÉLITE. PRINCIPIOS, TECNOLOGÍAS Y SISTEMAS.** Primera edición. Limusa.

Saadawi Tarek N., Ammar Mostafa H., and El Hakeem Ahmed. **FUNDAMENTALS OF TELECOMMUNICATION NETWORKS.** Primera edición. John Wiley & Sons, Inc.

Siller, Curtis A. y Shafi, Mansoor, editores. **SONET/SDH. A SOURCEBOOK OF SYNCHRONOUS NETWORKING.** Primera edición. IEEE.

Sklar, Bernard. **DIGITAL COMMUNICATIONS. FUNDAMENTALS AND APPLICATIONS.** Primera edición. Prentice Hall.

Stalling, William. **COMUNICACIONES Y REDES DE COMPUTADORES.** Sexta edición. Prentice Hall.

Stremier, Ferrel G. **INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.** Tercera edición. Addison Wesley longman.

Tanenbaum, Andrew S. **REDES DE COMPUTADORAS.** Tercera edición. Pearson Educación.