



67  
24  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ A R A G O N ”

ANALISIS ESTRUCTURAL DE LOS  
ELEMENTOS DE LA RED DIGITAL  
INTEGRADA DE TELEFONOS DE MEXICO  
Y SU EVOLUCION HACIA LA RED DIGITAL  
DE SERVICIOS INTEGRADOS

T E S I S

Que para obtener el Título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a :

JESUS VALENZUELA MORALES

Director de Tesis: Ing. David Estepher Bermúdez

San Juan de Aragón Edo. de Méx.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTOS

*Deseo agradecer profundamente a mis padres*

***María de la Luz y Alfredo***

*el amor y apoyo incondicionales que a través de sus vidas de sacrificio me han brindado siempre.*

*En Memoria de*

***Carmen y Jesús Morales***

*quienes con verdadero cariño me enseñaron el apreciable significado de la vida.*

*Deseo agradecerle a mis hermanos*

***Javier y Jorge***

*el cariño y amistad que con sus más sinceras y silenciosas actitudes me han hecho sentir que siempre estaremos juntos.*

*Deseo agradecerle a mi asesor el*

***Ing. David Estopier Bermúdez***

*el tiempo de dedicación y su valiosa participación para la realización de este trabajo.*

*Deseo agradecerle a mis amigos el*

***Ing. Mauricio Vázquez y el Ing. Carlos Navarrete***

*por sus apreciables aportaciones y muestras de amistad.*

*Deseo agradecerle a*

***Luz Elena***

*por el apoyo y momentos tan especiales que hicieron más emotiva la culminación de este trabajo.*

**ANALISIS ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA RED DIGITAL  
INTEGRADA DE TELEFONOS DE MEXICO Y SU EVOLUCION HACIA  
LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS**

<b>I</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>III</b>	<b>CONTENIDO</b>	
<b>I</b>	<b>ANTECEDENTES HISTORICOS</b>	<b>3</b>
1.1	Introducción	3
1.1.1	Surgimiento de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)	3
1.1.2	Justificación de la implementación de la Red Digital de Servicios Integrados a nivel mundial.	10
1.1.3	Normalización de la RDSI.	11
1.1.4	Justificación de la implementación de la Red Digital Integrada en México.	11
1.1.5	Infraestructura inicial de comunicación analógica de voz.	12
1.1.6	Implementación de los primeros sistemas digitales en México.	12
1.1.7	Surgimiento de la Red Superpuesta en México.	12
1.1.8	Surgimiento de la Red Digital Integrada en México.	13
1.2	Filosofía de servicio de la RDI.	13
1.2.1	Servicios proporcionados por la Red Digital Integrada de México.	18
<b>2</b>	<b>CONSIDERACIONES TEORICAS</b>	<b>21</b>
2.1	Modulación Digital.	21
2.1.1	Técnicas de Modulación por Pulsos.	21
2.2	Fundamentos de la modulación PCM	22
2.2.1	Conversión analógico a digital A/D.	23
2.2.2	Multiplexaje por División de Tiempo (TDM, Time Division Multiplexing).	31
2.3	Estructuras de trama de transmisión digital PCM CEPT.	32
2.3.1	Primer orden.	32
2.3.2	PCM de alto orden.	34
2.4	Estructura de trama del acceso básico en RDSI (2B+D).	40
2.5	Códigos de línea.	42
2.5.1	Código pseudoternario.	45
2.5.2	Código de línea 2B1Q	47
2.6	Análisis del canal de comunicación.	48
2.6.1	Información y capacidad de canal.	48
2.7	Ruido en sistemas digitales.	49

2 7 1	Ruido de cuantificación	49
2 7 2	Ruido en un canal en reposo	51
2 7 3	Fluctuación de fase (Jitter)	53
<b>3</b>	<b>SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN R2 Y CCITT NO. 7</b>	<b>58</b>
3 1	Esquema de señalización R2	58
3 1 1	Señalización de línea (PCM-R2)	58
3 1 2	Señalización de registro (MFC)	61
3 2	Conceptos de señalización CCITT No. 7 (TELMEX SCC7)	68
3 2 1	Terminología	68
3 3	Señalización por Canal Asociado (R2) versus Señalización por Canal Común (CCITT No. 7)	78
<b>4</b>	<b>MEDIOS DE TRANSMISIÓN</b>	<b>79</b>
4 1	Transmisión por fibra óptica	79
4 1 1	Características de los sistemas ópticos	80
4 2	Transmisión en el espacio libre	85
4 2 1	Características de los sistemas de Radio Digitales	85
4 2 2	Ganancia de sistema.	90
4 3	Características del Cable Coaxial.	91
4 4	Características del Par Trenzado	96
	ANEXO 4 A RECOMENDACION CCITT G 821	99
<b>5</b>	<b>ORGANISMOS DE NORMALIZACIÓN DE LA RDSI</b>	<b>107</b>
5 1	Proceso de estandarización de la RDSI	107
<b>6</b>	<b>SINCRONIZACIÓN</b>	<b>119</b>
6 1	Conceptos y características de la red de sincronización.	119
6 2	Red de sincronización.	123
<b>7</b>	<b>ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LA RED DIGITAL INTEGRADA (RDI)</b>	<b>130</b>
7 1	Estructura de la RDI de Teléfonos de México	130
7 2	Nodos TELCOM	131
7 2 1	Características de un nodo TELCOM.	131
7 2 2	Equipo de conmutación.	131
7 3	Nodos TELMIC.	137
7 3 1	Características de un nodo TELMIC.	137
7 3 2	Equipos de multiplexaje y transmisión.	138
7 4	Nodos de usuario.	138

7.5	Enrutamiento.	139
7.6	Centro de Control de Red de la RDI	140
7.6.1	Características del Centro de Control de Red de la RDI.	140
7.6.2	Equipos de Medición	140
7.6.3	Funciones del Equipo DACS II (Digital Access and Cross-Connect System II) de AT&T	141
<b>8</b>	<b>ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LA RDSI</b>	<b>142</b>
8.1	Concepto de RDSI y perspectiva del usuario RDSI	142
8.2	Accesos e interfaces usuario-red de la RDSI	143
8.2.1	Modos de funcionamiento	147
8.2.2	Configuraciones de cableado.	147
8.3	Modelo de referencia OSI y RDSI	150
8.3.1	Modelo del esquema CCITT No. 7 referido al modelo OSI	153
8.3.2	Asociación de los niveles OSI 1, 2 y 3 con la infraestructura de trama en el acceso básico.	154
8.4	Protocolo de acceso básico.	156
8.4.1	Protocolo de enlace de datos LAP D.	157
8.5	Red SCC7	162
8.5.1	Estructura de la Red SCC7	162
8.5.2	Funciones de la Red SCC7 (Nivel funcional 3)	167
8.5.3	Funciones de la terminal del Enlace de Señalización (Nivel funcional 2).	169
8.5.4	Funciones del Enlace de Datos de Señalización (Nivel funcional 1).	170
8.6	Parte de Usuario (PU).	172
8.6.1	Parte de Usuario Telefónico (PUT)	172
8.6.2	Parte de Usuario RDSI (PUSI).	172
8.7	Interconexión de señalización	173
8.7.1	Interconexión de señalización SCC7-PUT y SCC7-PUSI.	173
8.7.2	Interconexión de señalización SCC7-PUSI y Señalización R2.	173
8.7.3	Identificación de puntos de señalización.	174
8.8	Parte de Control de Conexión de Señalización (SCCP, Signalling Connection Control Part) y Parte de Control de Capacidades de Transacción (Transaction Capability Application Part, TCAP).	174
<b>9</b>	<b>PLANEACION DE LA RED DE SEÑALIZACION</b>	<b>175</b>
9.1	Estructura del sistema AXE ERICSSON.	175
9.1.1	Principios básicos.	175
9.1.2	Implementación de CCITT No. 7 en AXE	188
9.2	Interoperabilidad.	189
9.3	Consideraciones para la planeación de la red.	191
9.4	Parámetros de la red de señalización	195
9.4.1	Parámetros asociados al tráfico PUT.	195
9.4.2	Parámetros asociados a la carga de un PST	195

9 5	Unidades de Señalización	196
9 6	Procedimientos de establecimiento de llamadas	214
9 7	Procedimiento de implementación de la Red Digital de Servicios Integrados de Telefonos de México.	221
	ANEXO 9 A RECOMENDACION X 121	223
	ANEXO 9 B RECOMENDACION E 164.	226
<b>10</b>	<b>MANTENIMIENTO DE RED</b>	<b>230</b>
10 1	Mantenimiento preventivo y correctivo en RDI	230
10 2	Tecnología de medición de la RDSI.	231
	ANEXO 10 A PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMAS DE RADIO DIGITALES PARA TELMEX RDI	235
	ANEXO 10 B. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A SISTEMAS DE RADIO DIGITALES PARA TELMEX RDI	237
	ANEXO 10 C. CAUSAS POSIBLES DE LA DISMINUCION DEL NIVEL DE RECEPCION O DEGRADACION DEL AGC RECIBIDO	242
	ANEXO 10 D DESCRIPCION DEL ANALIZADOR DE CONSTELACION HP 3709B	243
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>247</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>248</b>

## OBJETIVO

Determinar la factibilidad de implementación de la Red Digital de Servicios Integrados en México a partir de la infraestructura de la Red Digital Integrada de Telefonos de México y fundamentar sus características en base a la normalización internacional que para esta aplica

## INTRODUCCION

Actualmente en México, los servicios de telecomunicaciones digitales se proporcionan a través de la infraestructura de la denominada Red Digital Integrada. Las características de los servicios de RDI, no obstante sus grandes ventajas y facilidades, aun representan algunas limitantes importantes en cuanto a la prestación, explotación, operación, mantenimiento y alcance de los servicios. Además la existencia aún de una amplia diversidad de redes especializadas e independientes (de voz, datos, télex) implica también una diversificación de los recursos técnicos y económicos para tener las facilidades de acceso que requiere cada red específica.

Por todo esto, es importante trabajar en el desarrollo de la implantación de una red que ofrezca las ventajas del tratamiento digital de las señales analógicas independientemente de su origen para su transmisión y conmutación, una red que además permita la integración de la totalidad de las redes especializadas e independientes favoreciendo así la integración de los servicios, una red que cumpla con las especificaciones de normalización de los organismos de estandarización para su interfuncionamiento y compatibilidad a nivel mundial y una red que además aproveche la infraestructura ya existente para dar acceso no sólo a grandes usuarios a nivel primario sino servicio también a los usuarios convencionales a nivel de acceso básico, y todo esto en forma conjunta y considerando una apropiada optimización de la relación costo por servicio

La red que cumple con estas características es denominada Red Digital de Servicios Integrados y su aplicación y características en México son el propósito del presente trabajo.

Partiendo de los antecedentes históricos de la Red Digital de Servicios Integrados en el Capítulo 1 y mediante los conceptos técnicos, de señalización y de sincronización descritos en los Capítulos 2, 3 y 6 respectivamente, se establecen los requerimientos y características básicas que implica la RDSI.

En el Capítulo 4, se describen las características y los medios de transmisión digitales más apropiados y de los cuales hará uso la red para el transporte de la totalidad de la información.

Dada la importancia de la interfuncionalidad a nivel mundial, en el Capítulo 5 se citan los Organismos Internacionales encargados de normalizar las características funcionales y operativas de la Red para su interoperabilidad mundial.

La infraestructura de telecomunicaciones actual denominada Red Digital Integrada y la cual representa la primera etapa en el proceso de implantación de la RDSI, es descrita en el Capítulo 7.

Los Capítulos 8, 9 y 10 representan la parte culminante del trabajo dado que en ellos se describen y se definen las características y parámetros bajo los cuales estará regida la operación y

el funcionamiento de la RDSI, todo esto con el propósito de aprovechar las ventajas que esta significará para toda la gama de usuarios a los que servirá.

El desarrollo de este trabajo pretende firmemente contribuir al mejoramiento y optimización de los servicios de telecomunicación en nuestro país

# **I ANTECEDENTES HISTORICOS**

## **1.1 INTRODUCCION**

En este Capitulo se pretenden establecer las bases conceptuales que dan origen a la implementación de una infraestructura de comunicación digital de multiservicios en México y las características del modelo de red digital denominado Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) recomendado para su implementación a nivel mundial así como su aplicación en la Red Digital Integrada (RDI) existente en México

Se justifica el surgimiento y establecimiento de los servicios digitales que proporciona tanto la RDSI a nivel mundial como los proporcionados por la RDI de México, así como las repercusiones económicas que esto representa.

Se hace una descripción del proceso evolutivo que han experimentado las Redes Telefónicas Públicas Conmutadas convencionales de naturaleza analógica existentes inicialmente a través de la implementación de sistemas digitales hasta conformar las redes totalmente digitales capaces de proporcionar una amplia variedad de servicios

Se menciona la importancia y funciones de los Organismos de Normalización Internacional que definen los conceptos y aplicaciones que normalizan la RDSI.

Para el caso particular de la RDI de México, se determinan las características, servicios y objetivos de las secciones que la conforman, así como las perspectivas a futuro que ofrecen individual y conjuntamente

Se establece la filosofía de servicio de la RDI, en base a las necesidades específicas que pretende satisfacer y tomando las características del modelo de RDSI aplicables para México.

### **1.1.1 SURGIMIENTO DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)**

La creciente utilización de la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) para la transmisión de datos a través de canales de voz por medio de modems digitales, denota la necesidad del crecimiento y diversificación de los servicios de telecomunicaciones. El surgimiento de redes especializadas o infraestructuras privadas de características diversas y que hacen uso de recursos específicos de acuerdo con las necesidades a satisfacer por parte de cada una de ellas, es una manifestación más del crecimiento de los requerimientos de comunicación. Estas redes especializadas son implementadas con recursos privados y se caracterizan por su independencia de la infraestructura de telecomunicaciones pública y el manejo de servicios especializados dependiendo de los requerimientos y volúmenes específicos del usuario propietario de la red.

La evolución, entonces, de las redes especializadas se presenta debido a una creciente necesidad de los servicios de Telecomunicaciones y la imposibilidad de las redes públicas convencionales para proporcionarlos, propiciando además, una independencia y evolución separada entre redes de voz y redes de datos. La necesidad del uso de servicios proporcionados por redes independientes requiere de la adquisición de la infraestructura específica para el acceso a cada red, el soporte técnico especializado para operación y mantenimiento y naturalmente las inversiones económicas asociadas. Debe considerarse que el crecimiento de tales inversiones es

proporcional a la cantidad de entidades comerciales encargadas de la administración de los servicios de los cuales se hace uso

El desarrollo de sistemas de telecomunicaciones basados en el concepto de conmutación por división de tiempo asociado a técnicas digitales de modulación supone el surgimiento de una red simplificada de carácter universal capaz de proporcionar una amplia variedad de servicios de comunicación a través de un conjunto limitado de tipos de conexiones y de definiciones de interfaces usuario-red multifuncionales.

La conformación de una Red Digital de Servicios Integrados es producto de la evolución de las Redes Telefónicas Públicas Conmutadas convencionales a través de la implementación progresiva de sistemas de transmisión y conmutación digital sobre los ya existentes sistemas analógicos, y dadas las características funcionales de los equipos digitales se termina por constituir una red de comunicaciones totalmente digital que sustituye a la red de voz convencional.

Las ventajas técnicas básicas de las redes de comunicación digital que estimulan el reemplazamiento de la gran parte de la tecnología analógica son

- a) Proceso de multiplexaje y señalización relativamente sencillo.
- b) Utilización de tecnología de estado sólido
- c) Integración de transmisión y conmutación
- d) Capacidad de regeneración de la señal
- e) Facilidades de monitoreo
- f) Capacidad de implementación de servicios diversos
- g) Capacidad de operación a un nivel bajo de la relación señal a ruido

La mayoría de las características de las redes de voz digital listadas y discutidas en los siguientes párrafos, representan las ventajas de transmisión o conmutación digitales con respecto a sus equivalentes analógicos

### **MULTIPLEXAJE Y SEÑALIZACIÓN RELATIVAMENTE SENCILLOS**

Las primeras aplicaciones de las técnicas digitales en sistemas portadores representaron costos de comercialización debido al cableado múltipar requerido por las rutas de transmisión entre los sistemas. Aún que el Multiplexaje por División de Frecuencia (FDM, Frequency Division Multiplexing) de señales analógicas ha sido utilizado en el pasado para reducir los costos de cableado, el equipo de FDM es mucho más costoso que el equipo de Multiplexaje por División de Tiempo (TDM, Time Division Multiplexing) utilizado por las técnicas digitales, aún incluyendo los costos de la digitalización. Después de que la señal de voz ha sido digitalizada, el equipo TDM es considerablemente menor en comparación con su equivalente FDM. Debido a que la digitalización ocurre sólo en el primer nivel de la jerarquía TDM, el equipo TDM digital de alta jerarquía es aún más económico que su contraparte de alta jerarquía FDM.

Debe considerarse que el multiplexaje por división de tiempo de señales analógicas es muy simple y no requiere de la digitalización de los valores de las muestras. La problemática del TDM analógico radica en la vulnerabilidad de la amplitud de los pulsos analógicos al ruido, la distorsión, la diafonía e interferencia intersímbolos. Estas degradaciones no pueden ser eliminadas por regeneración como en un sistema digital, por esto, el TDM analógico no es factible excepto

para ambientes de bajo nivel de ruido y libres de distorsión. La habilidad para la regeneración de una señal, no obstante la necesidad de un gran ancho de banda, es generalmente un requerimiento para la transmisión TDM.

La información de control es inherentemente digital y por esto, es incorporada en un sistema de transmisión digital. Un medio de incorporación de esta información de control en un enlace de transmisión digital implica que en el multiplexaje por división de tiempo, la información de control sea considerada como una separación fácilmente identificable y transportada en un canal de control. Otra característica es la de hacer posible la inserción de códigos de control especial en el canal de mensajes y teniendo la lógica digital en el terminal receptor decodificar esa información de control.

En contraste, los sistemas de transmisión analógica requieren especial atención para la señalización y el control. Muchos sistemas de transmisión analógicos requieren ambientes especiales y en ocasiones complicados para la inserción de información de control. La manifestación de esto se presenta en la gran variedad de formatos y procedimientos para señalización de control existentes. Los formatos de control dependen de la naturaleza tanto del equipo de transmisión como de su equipo terminal. En algunas interfaces entre subsistemas de red la información de control debe ser convertida de un formato a otro.

En resumen, los sistemas digitales permiten la inserción y extracción de información de control en un flujo de mensajes independientemente de la naturaleza del medio de transmisión. De este modo, el equipo de señalización puede ser diseñado separadamente de los sistemas de transmisión, haciéndose posible la modificación de las funciones y formatos de control independientemente del subsistema de transmisión. Consecuentemente, los sistemas de transmisión digital pueden crecer sin la necesidad de modificar las funciones de control para cada terminal del enlace.

## UTILIZACION DE TECNOLOGIA DE ESTADO SOLIDO

Un multiplexor o matriz de conmutación para señales digitales por división de tiempo es implementado por los mismos circuitos básicos utilizados para la construcción de computadores digitales (compuertas lógicas y memorias). La conmutación digital está fundamentada en la operación desarrollada por una compuerta AND con una entrada lógica asignada a la señal de información y otra entrada usada para el control de la selección. El creciente desarrollo de la tecnología de circuitos integrados digitales favorece la aplicación de estos circuitos lógicos y memorias a los sistemas de transmisión y conmutación digitales. La Figura 1.1 muestra la implementación de un multiplexor por división de tiempo de 16 canales utilizado comúnmente. Como se indica, la función de multiplexaje implica solamente el muestreo cíclico de 16 los flujos de datos entrantes. Esta operación requiere de la sincronización de los flujos. En el Capítulo 2 se describe el proceso de sincronización de los flujos de datos que en realidad es más complejo que el mostrado en la Figura 1.1. No obstante, la implementación de un multiplexor TDM es mucho menos costosa que su análogo FDM. Aún las más grandes ventajas de la moderna tecnología han sido apropiadas utilizando circuitos LSI (Large-Scale Integrated) diseñados específicamente para funciones de telecomunicaciones tales como codificadores/decodificadores (codec) de voz, multiplexores, matrices de conmutación y Procesadores de Señal Digital (DSPs) de propósito especial y general.

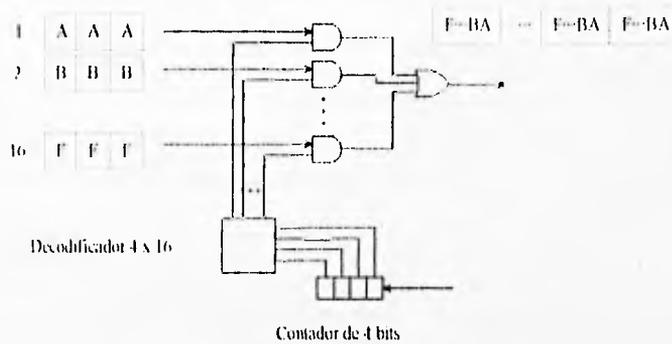


Figura 1.1 Multiplexor TDM 16 a 1.

El costo relativamente bajo y el alto rendimiento de los circuitos digitales permite a los arreglos y configuraciones digitales ser utilizados en algunas aplicaciones que son prohibitivamente costosas con la implementación de los componentes analógicos equivalentes.

### INTEGRACION DE TRANSMISION Y CONMUTACION

Tradicionalmente los sistemas de transmisión y conmutación analógicos de las redes telefónicas fueron diseñados y administrados por organizaciones funcionalmente independientes. En las compañías telefónicas, estas dos clases de equipo son referidos como equipo externo y equipo interno, respectivamente. Aún y cuando estos equipos proporcionan interfaces estandarizadas, el equipo de transmisión es funcionalmente independiente del equipo de conmutación.

Dado que existe una similitud entre las operaciones del multiplexaje por división de tiempo y las funciones de la conmutación por división de tiempo, es factible entonces la integración de las operaciones de multiplexaje de los sistemas de transmisión en los equipos de conmutación. De hecho, las primeras etapas de la conmutación digital generan el primer nivel de las señales TDM, aún para interfaces con enlaces de transmisión analógica.

La principal ventaja de la integración de los dos sistemas se muestra en la Figura 1.2. El equipo de demultiplexaje (bancos de canal) no es requerido y la primera etapa del equipo de conmutación es eliminada. Si los dos terminales del enlace TDM digital están integrados a un conmutador digital, los bancos de canal en ambos extremos no son requeridos. En una red totalmente integrada, la transmisión de las señales de voz es completamente en formato digital, por esto, el primer nivel de multiplexaje y demultiplexaje no existe excepto en la periferia de la red exclusivamente.

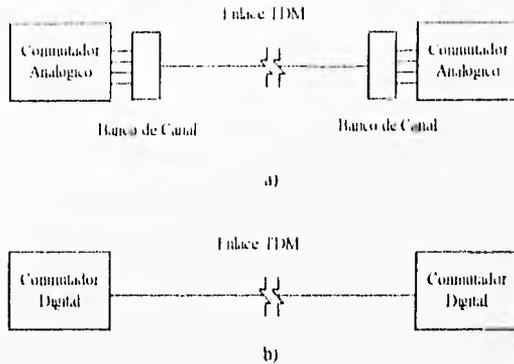


Figura 1.2 a) Transmisión y conmutación no integrados b) Integración de transmisión y conmutación

La integración de las funciones de transmisión y conmutación no sólo disminuye la cantidad de equipo requerido, sino que contribuye además, al mejoramiento de la calidad de voz punto a punto, esto es, dada la eliminación de conversiones analógico a digital y digital a analógico y debido al uso de enlaces de transmisión con baja tasa de error, la calidad de la voz sólo está determinada por el proceso de codificación.

#### CAPACIDAD DE REGENERACION DE LA SEÑAL.

La representación de una señal de voz (o cualquier señal analógica) en un formato digital implica la conversión de una forma de onda analógica continua en una secuencia de valores discretos correspondientes a una muestra de la señal analógica. Cada valor discreto es representado por un número de dígitos binarios de información. Cuando son transmitidos, cada dígito binario es representado por sólo uno de dos posibles valores (la existencia o ausencia de un pulso o un pulso de magnitud positiva o negativa). El trabajo del receptor consiste en determinar el valor discreto transmitido y representar el mensaje como una secuencia de muestras discretas codificadas en binario. Si sólo una determinada magnitud de ruido, interferencia y distorsión se adicionan a la señal durante su transmisión, los datos binarios serán idénticos a la secuencia binaria generada durante la digitalización o el proceso de codificación. Como se muestra en la Figura 1.3, el proceso de transmisión, implica la existencia de ciertas imperfecciones que no alteran la naturaleza básica de la información. Evidentemente, si las imperfecciones provocan cambios suficientes en la señal, se presentan errores en los datos binarios y el receptor no puede representar con exactitud los datos originales.

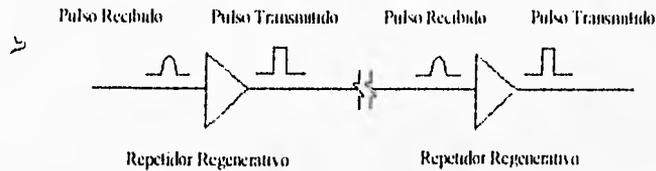


Figura 1.3 Regeneración de la señal en una línea de transmisión digital

Una característica fundamental de los sistemas digitales es que la probabilidad de ocurrencia de errores puede disminuirse por medio de la inserción de repetidores regenerativos en puntos intermedios en el enlace de transmisión. Si los espaciamientos entre regeneradores son los adecuados, estos detectan y regeneran la señal digital antes de que las degradaciones inducidas en el canal sean lo suficientemente amplias para causar errores en la decisión. La relación del número de bits erróneos por bits transmitidos (BER, Bit Error Rate) puede hacerse arbitrariamente pequeña insertando un número suficiente de regeneradores en la línea de transmisión.

El mayor beneficio proporcionado por el proceso de regeneración es la habilidad para localizar los efectos de las degradaciones de la señal. En tanto las degradaciones de un segmento de regeneración de un enlace de transmisión no causen errores, sus efectos sobre el enlace total son eliminados. Contrariamente, las degradaciones de la señal en una transmisión analógica, se acumulan de un segmento al siguiente. Los subsistemas individuales de una gran red analógica, deben ser diseñados con un estricto control de la transmisión para proporcionar una calidad aceptable punto a punto. Un subsistema individual de una red digital, sólo necesita ser diseñado para asegurar una mínima relación de error, realizable fácilmente.

En una red totalmente digital diseñada con los suficientes puntos regenerativos para la eliminación de errores en el canal, la calidad de transmisión de la red está determinada sólo por el proceso de digitalización y no por los sistemas de transmisión. El proceso de conversión analógico a digital, inherentemente introduce una pérdida de fidelidad de la señal debido a que la forma de onda continua de la fuente analógica es sólo representada por valores de muestras discretos. Estableciendo la cantidad suficiente de niveles discretos, la señal analógica puede ser representada con el mínimo error de conversión tanto como se requiera. El incremento de la resolución requiere de una mayor cantidad de bits produciéndose un crecimiento del ancho de banda para la transmisión. Por esto, un sistema de transmisión digital debe desarrollar una mediación adecuada entre la calidad de la transmisión y el ancho de banda.

Los procesos para el tratamiento de señales digitales como la regeneración, transmisión, multiplexaje y modulación están asociados a características y afectaciones inherentes a la digitalización. Las consideraciones sobre la utilización de memorias elásticas (Sección 2.3.2) en el proceso de regeneración y multiplexaje, afectaciones a nivel de fluctuación o ruido de fase o Jitter (Sección 2.6.3) en sistemas digitales y la importancia de la base de tiempos usada en sistemas plesiócronicos son establecidas en el Capítulo 2.

## **FACILIDAD DE MONITOREO**

Un beneficio adicional proporcionado por la característica de la estructura de la señal, independiente de la fuente de la señal en un sistema de transmisión digital, es que la calidad de la señal recibida puede ser conseguida independientemente de la naturaleza del tráfico. El enlace de transmisión es diseñado para producir pulsos definidos con niveles discretos. Cualquier desviación en la señal recibida, un valor diferente al nominal establecido en el diseño, representa una degradación en la calidad de la transmisión. En general, los sistemas analógicos no pueden ser monitoreados o verificados en tanto están en servicio debido a que la estructura de la señal transmitida es desconocida.

## **CAPACIDAD DE IMPLEMENTACION DE SERVICIOS DIVERSOS**

Con el propósito de gestionar y mantener operativo en el enlace de comunicaciones, un sistema de transmisión digital utiliza información de control (señalización). Este hecho es representativo de un aspecto fundamental de la transmisión digital, cualquier información codificada digitalmente (ya sea inherentemente digital o resultado de la conversión analógica a digital) presenta un formato de señal común para el sistema de transmisión. Así entonces, el sistema de transmisión no necesita proporcionar especial atención a servicios individuales y se presenta indiferente a la naturaleza del tráfico que soporta.

En una red analógica las transmisiones se desarrollan para circuitos de voz de 4 kHz. Todos los servicios especiales tales como datos o facsímil deben ser adecuados a las características del canal de voz, las señales de datos deben ser convertidas a un formato analógico por medio del uso de modems.

El canal analógico es optimizado para la calidad de la voz, esto implica que las características de transmisión (tales como la respuesta de fase y el ruido impulsivo) que están menos asociadas a las consideraciones de la calidad de voz no reciben la suficiente atención. La utilización de una red analógica para servicios distintos a los de voz puede requerir la atención a varios aspectos no asociados a la transmisión analógica. Las limitaciones de un canal analógico la hacen inutilizable para aplicaciones particulares. Contrariamente, el parámetro principal de calidad en un sistema digital es la tasa de error o BER. Una tasa de error baja es factible de obtener con la implementación de procedimientos de control.

Una característica adicional al formato de transmisión común, es la posibilidad de que el tráfico de diferentes tipos de fuentes puede ser multiplexado en un medio de transmisión único sin la existencia de interferencia mutua. El uso de medios de transmisión comunes para señales analógicas es algunas veces complicado debido al requerimiento de diferentes niveles de calidad de acuerdo al tipo de servicio.

## **CAPACIDAD DE OPERACION A BAJA RELACION SEÑAL A RUIDO**

El ruido y la interferencia en una red de voz analógica tiende a aparecer más durante las pausas de voz, cuando la amplitud de la señal es baja. Los mismos niveles de ruido o interferencia son virtualmente indetectables cuando la voz está presente. Sin embargo, en un sistema digital las pausas de voz son codificadas como un patrón de datos particular y transmitidas al mismo nivel de

potencia que los códigos correspondientes a la presencia de la voz. Debido a que la regeneración de la señal virtualmente elimina todo el ruido generado en el medio de transmisión, el ruido en un canal libre está determinado por el proceso de codificación y no por el medio de transmisión.

### **1.1.2 JUSTIFICACION DE LA IMPLEMENTACION DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS A NIVEL MUNDIAL.**

Los aspectos que justifican el desarrollo de la RDSI desde la perspectiva del usuario de red son los siguientes:

**COSTO-SERVICIO.** La necesidad de la inversión económica por servicio de red que es producto de la utilización de redes especializadas disminuye en tanto la RDSI proporcione conjunta y progresivamente los servicios que individualmente proporciona cada red especializada.

**DISPONIBILIDAD.** El direccionamiento de los recursos de operación y mantenimiento hacia una infraestructura conjunta, contrariamente a la distribución de la atención en cada una de las redes especializadas, contribuye a reflejar una mayor disponibilidad de red.

**COMODIDAD.** La necesidad del conocimiento de tantos procedimientos de acceso a red como redes especializadas se manejen, resultará en una mayor complejidad que el conocimiento de un procedimiento de acceso específico para una Red de Servicios Integrados.

La RDSI surge, entonces, como una red de carácter universal cuya principal característica es la de establecer en una infraestructura de red única, una amplia variedad de aplicaciones telefónicas para voz, datos e imagen, haciendo uso de técnicas de modulación digitales y proporcionando conectividad de extremo a extremo. La integración de los servicios proporcionados por la RDSI se basan en la utilización de un conjunto específico de conexiones y definiciones de interfaces usuario-red multifuncionales.

El establecimiento de una RDSI se basa en los siguientes aspectos:

**CONECTIVIDAD PARA LA TRANSFERENCIA DE INFORMACION.** La aplicación de técnicas de modulación digital a la señal de información, propicia su transporte a través de la red independientemente de la naturaleza de dicha señal.

**NORMALIZACION DE LA SEÑALIZACION DE RED.** Se establece un conjunto uniforme de normas para el intercambio de señales entre unidades funcionales requeridas para la gestión o liberación de recursos de comunicaciones entre redes y a través de cada red.

**INTERFACES DE ACCESO ESTANDARIZADAS.** La conexión a la RDSI se efectúa por medio de un conjunto específico de condiciones físicas, eléctricas y de procedimiento estandarizadas que le permiten al usuario disponer de diversos servicios como telefonía, telemática (servicios de telecomunicaciones para informática) o videoconexión.

### **1.1.3 NORMALIZACION DE LA RDSI**

La normalización de la RDSI ha sido desarrollada por organismos internacionales. El CCITT en 1984 publica las Recomendaciones de la Serie I (Libro Rojo de la VIII Asamblea Plenaria) dedicada a la RDSI.

En 1988, el CCITT emite la versión actual de las recomendaciones de la Serie I (Libro Azul de IX Asamblea Plenaria).

Las Recomendaciones están organizadas en seis subconjuntos:

- 1 - Serie I 100 Generalidades (proyecto de las recomendaciones, terminología, métodos)
- 2 - Serie I 200 Aspectos de los servicios (servicios portadores, teleservicios)
- 3 - Serie I 300 Aspectos de la red (principios funcionales de la RDSI, modelos de referencia, direcciones, enrutamientos, tipos de conexión, rendimientos)
- 4 - Serie I 400 Interfaces usuario-red RDSI (capas 1 a 3 de las interfaces básicas y acceso primario, multiplexaje, adaptación de velocidad y soporte de interfaces existentes)
- 5 - Serie I 500 Interfaces entre redes
- 6 - Serie I 600 Principios de mantenimiento

Estas recomendaciones incluyen numerosos mecanismos previstos para permitir una extensión progresiva de los servicios de la RDSI.

La totalidad de los planteamientos y consideraciones que constituyen este trabajo de análisis están basados en las recomendaciones del CCITT para RDSI.

El proceso de normalización de la RDSI y los organismos encargados son descritos en el Capítulo 5.

### **1.1.4 JUSTIFICACION DE LA IMPLEMENTACION DE LA RED DIGITAL INTEGRADA EN MEXICO**

Adicionalmente a los factores que justifican la implementación de la RDSI a nivel mundial, y los cuales son aplicables también a las características de nuestro país para el caso particular de la conformación de una Red Digital Integrada en México, ha sido motivo importante el siguiente aspecto:

La existencia de redes independientes especializadas para voz y datos propician la problemática ya descrita, siendo además, insuficiente esta infraestructura dividida para satisfacer las necesidades de comunicación de los usuarios que requieren el manejo de grandes volúmenes de información.

Los grandes usuarios en México, designados así, por que las características de sus necesidades de comunicación y volúmenes de información superan los requerimientos de un usuario común, optaron debido a la insuficiencia de la infraestructura de telecomunicaciones, por conformar redes privadas orientadas a cumplir los objetivos específicos del propietario de la red. Estas redes privadas de los grandes usuarios son conformadas en base a la utilización de recursos de telecomunicaciones (enlaces vía satélite, enlaces de radio por línea de vista y equipos de transmisión y conmutación) independientes de la infraestructura de Teléfonos de México.

Con el propósito de solucionar la problemática que acarrea el surgimiento de las redes especializadas independientes en el país y considerando las características que proporciona una

Red Digital Integrada se proyecta la infraestructura de comunicaciones digitales denominada Red Superpuesta (RSP)

### **1.1.5 INFRAESTRUCTURA INICIAL DE COMUNICACION ANALOGICA DE VOZ**

En un principio, la red de comunicaciones se basa totalmente en sistemas de conmutación y transmisión analógicos para el tráfico de voz y equipo de modulación D/A y demodulación A/D (modems) adicional para la transferencia de datos utilizando la RTPC. Este equipo adicional debe ser implementado por el usuario independientemente de la red analógica de conmutación de voz.

La estructura analógica de la red de abonados esta constituida de la siguiente manera

- a) PARTE DE TRANSPORTE. Configuración de cables multipares de gran capacidad, con conductores de pequeño diametro (0.3 a 0.6 mm).
- b) PARTE DE DISTRIBUCION. Configuración de conductores de mayor diametro (hasta 0.9 mm) y cables de menor capacidad.
- c) PARTE DE ACOMETIDA. Configuración de cables de corta longitud (inferior en promedio a 100m) de uno o dos pares.

La estructura de la red de abonados es esencialmente arborescente y las lineas de abonado son pares de cobre reagrupados en cables que se dividen a medida que aumenta la distancia al conmutador. La longitud total de la linea varia de 0 a 30 km, con una media de 2 a 4 km (con los respectivos regeneradores para casos de más de 5 Km).

Las instalaciones terminales de abonados son muy variadas, incluyendo desde el simple terminal telefónico hasta el conmutador privado capaz de conectar algunos cientos de aparatos.

### **1.1.6 IMPLEMENTACION DE LOS PRIMEROS SISTEMAS DIGITALES EN MEXICO**

En el año de 1969 se efectuo la instalación, en Teléfonos de México, de los primeros sistemas digitales de primer orden basados en la técnica de modulación digital PCM (Pulse Code Modulation), entre las Centrales Victoria y Tlanepantla y Victoria y Santa Clara de acuerdo a una estructura de trama T1 (24 Canales Telefónicos digitales). En el año de 1974 se implementó el primer sistema PCM de 30 Canales Telefónicos digitales (E1), continuandose a partir de entonces, la instalación de únicamente sistemas E1 de primer orden de norma europea (Ley A). La inclinación por el equipo de norma europea, sobre la norma T1 (Ley  $\mu$ ) de aplicación en EU y Japón, se debió a la activa participación en México de industrias europeas fabricantes de equipo de telecomunicaciones como ERICSSON de Suecia y ALCATEL INDETEL de Francia.

### **1.1.7 SURGIMIENTO DE LA RED SUPERPUESTA EN MEXICO**

Como se establecio anteriormente, la conformación de una RDSI se basa en un principio, en la sustitución progresiva de los sistemas de transmisión y conmutación analógicos por sistemas digitales, hasta constituir una red totalmente digital, aprovechando en tanto las características de la red convencional. En México, inicialmente toda la RTPC se encontraba soportada por infraestructura de comunicacion analógica, la inclusión progresiva de sistemas de conmutación

digitales y el desarrollo de una red totalmente digital orientada a grandes usuarios que proporciona conectividad con la RTPC constituye finalmente la RED SUPERPUESTA (RSP). La red superpuesta es entonces una red que utiliza recursos de conmutación y transmisión totalmente digitales que proporciona conectividad con los centros TANDEM y Centros de Acceso a Larga Distancia Nacional e Internacional para permitir el acceso a cualquier usuario desde cualquier punto.

La Red Superpuesta inicia operaciones como tal, en enero de 1990 en las tres ciudades más importantes de la República, la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey. La topología de red en estas ciudades se constituye en base a una red híbrida, que establece la conexión entre nodos de primer nivel de acuerdo a una configuración tipo malla y en topología de estrella la conexión de nodos de segundo nivel a nodos de primer nivel y conexión de usuarios a nodos de segundo nivel.

### **1.1.8 SURGIMIENTO DE LA RED DIGITAL INTEGRADA EN MEXICO**

Dadas las características de crecimiento y rentabilidad que propicio el concepto de red superpuesta en México, se proyectó un desarrollo igualmente creciente de la Red tendiente a la total digitalización de los sistemas de conmutación y transmisión en el país, surgiendo el concepto de RDI en México.

### **1.2 FILOSOFIA DE SERVICIO DE LA RDI**

El concepto de RDI significa que las Centrales de Conmutación Digitales habrán de ser implementadas progresivamente en las redes convencionales, sustituyendo gradualmente a sus predecesoras analógicas. La RDI debe, entonces, consistir enteramente de centrales digitales conectadas mediante troncales digitales, siendo la única conversión analógica digital la de los circuitos del abonado analógico.

El reconocimiento de la potencialidad de las redes totalmente digitales y las desventajas de las redes separadas para servicios diferentes favorecen el desarrollo de la RDI hacia la completa digitalización incluyendo el circuito de abonado y la integración completa de las múltiples redes convencionales de voz y datos permitiendo constituir el concepto de RDSI. El desarrollo progresivo de la RDI significa en términos generales, enlaces totalmente digitales entre Centrales y canales de 64 kbit/s a través de toda la red en comparación con un ancho de banda estándar de 3 kHz en las redes analógicas.

Eventualmente, la red extenderá su operación al circuito de abonado, su digitalización constituirá la primera etapa en el proceso hacia la RDSI.

La Red Digital Integrada en México, esta constituida por nodos de varias categorías, en los cuales se encuentra localizado todo el equipo de conmutación y transmisión empleado. Estos nodos están interconectados con sistemas de transmisión de alta capacidad asociados a velocidades de transmisión de 140 Mbit/s, 565 Mbit/s y 622 Mbit/s (SDH, Synchronous Digital Hierarchy), completamente digitales, permitiendo establecer comunicación entre localidades en una misma ciudad (enlaces urbanos), localidades en distintas ciudades (enlaces interurbanos) o acceder la Red Telefónica Pública Conmutada para comunicación con usuarios que no se encuentran conectados a la RDI.

El propósito fundamental que constituye a la Red Digital Integrada de México es la necesidad de satisfacer los servicios de Telecomunicaciones requeridos por los usuarios. La Red Digital Integrada no solo contempla la transmisión de voz y datos a baja velocidad, sino que se provee la transferencia de información a altas velocidades con un alto grado de calidad y confiabilidad.

La Red Digital Integrada actualmente está constituida por tres secciones:

1. Red Digital Terrestre
2. Red Satelital
3. Red de Conmutación de Paquetes.

Las características de estas áreas son las siguientes.

### **RED DIGITAL TERRESTRE**

La red terrestre es una red de cobertura nacional instalada en las principales ciudades del país y conforma la parte fundamental de la RDI, ha sido desarrollada básicamente con medios totalmente digitales de transmisión y conmutación, está constituida por dos tipos de infraestructura de comunicación digital, los nodos TELCOM y los nodos TELMIC.

Los nodos TELCOM representan los centros de conmutación, en ellos se encuentran los sistemas de conmutación de circuitos a través de los cuales se proporcionan los servicios convencionales de voz además de una gran variedad de servicios de valor agregado.

Los nodos TELMIC constituyen toda la infraestructura de transmisión necesaria para el transporte de la información.

La conectividad se proporciona en base a la jerarquización de los nodos TELMIC en tres categorías de acuerdo a la siguiente estructura:

1. Nodo TELMIC de primer nivel
2. Nodo TELMIC de segundo nivel.
3. Punto de Concentración (POC).

En la Figura 1.4 se representa la topología de red que aplica para la red terrestre de comunicación digital.

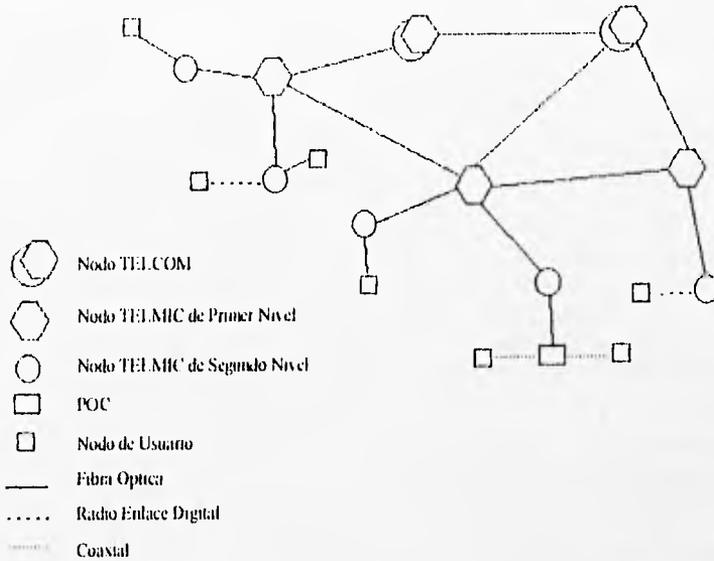


Figura 1.4 Jerarquía de red terrestre

### **NODOS TELMIC DE PRIMER NIVEL.**

Los nodos TELMIC de primer nivel tienen la capacidad de distribuir y enrutar todo el tráfico proveniente de los nodos TELMIC de segundo nivel.

### **NODOS TELMIC DE SEGUNDO NIVEL.**

Los nodos TELMIC de segundo nivel se caracterizan por la capacidad de concentrar el tráfico proveniente de los nodos de usuario, desarrollan el multiplexaje y direccionamiento de los flujos de información a través de sistemas de alta capacidad hacia los nodos TELMIC de primer orden.

Los nodos de segundo nivel están asociados a una área de cobertura geográfica específica, correspondiéndoles la concentración de la información de los usuarios contenidos en dicha área.

### **PUNTOS DE CONCENTRACION (POCs)**

Los Puntos de Concentración se presentan como una infraestructura de transmisión común a varios usuarios agrupados y localizados en una zona específica (edificio corporativo). La implementación de un sistema de transmisión común, con la capacidad adecuada, dependiendo del

número de usuarios agrupados, resulta en una disminución de los costos implicados en la instalación de sistemas individuales por usuario

La Red Terrestre proporciona conectividad a nivel de estructuras de trama de 2 Mbit/s (E1) para troncales de conmutadores digitales y con la adición de equipo de digitalización la integración de 100 troncales de un conmutador analógico a través de 2 E1s.

La interconexión entre nodos de primer nivel se efectúa con sistemas multiplexores de alto orden que manejan velocidades de 140, 565 y hasta 622 Mbit/s, los enlaces a nivel de usuarios se establecen a velocidades correspondientes al segundo, tercero y cuarto orden (8, 34, y 140 Mbit/s) asociadas a 120, 480, y 1920 canales de voz o E0s respectivamente

La conexión de un nodo de usuario se realiza utilizando un enlace a través de fibra óptica, si las condiciones geográficas y/o topológicas no lo permiten, el enlace se implementa por medio de un enlace de Radio digital, ambos de acuerdo a las capacidades de transmisión requeridas por el usuario. Cada enlace, independientemente de los tipos de nodo que conecte, se desarrolla de acuerdo a una configuración del tipo  $n+1$ , lo cual denota una característica de redundancia que proporciona los niveles de confiabilidad requeridos por los servicios de red.

Debido a la necesidad de confiabilidad, la red esta provista de las características que le proporciona el Sistema de Interconexión y Acceso Digital DACS II (Digital Access and Cross-Connect System II) de AT&T. El DACS II es un sistema de acceso para prueba y conectabilidad controlada por múltiples procesadores basado en software de control para el manejo de hasta 512 circuitos de 2 048 Mbit/s. El DACS II puede interconectar por comando cualquier canal de 64 Kbit/s a cualquier otra facilidad por medio de una consola de operaciones ya sea local o remota. Adicionalmente a la interconexión y funciones de acceso para prueba, este sistema proporciona la facilidad de monitoreo de desempeño, mantenimiento del equipo y capacidades de procesamiento de señal digital para enlaces multipunto y otras aplicaciones.

Con el propósito de conformar una estructura de red altamente confiable, la red terrestre desarrolla funciones de monitoreo, control y atención de fallas asociadas a la red por medio de un Centro de Control de Red existente en cada ciudad con infraestructura de red terrestre.

La red terrestre proporciona conectividad con los TANDEM's y Centros de Acceso a Larga Distancia Nacional e Internacional. Para el establecimiento de los enlaces interurbanos entre ciudades con infraestructura de red se utiliza la Red Digital de Microondas de Teléfonos México

## **RED SATELITAL**

La red satelital se establece como un sistema de comunicaciones que complementa los servicios de voz y datos ofrecidos por la red terrestre por medio de enlaces de fibra óptica y radioenlaces digitales y permite la integración de las localidades con volúmenes de información discretos y sin posibilidad de acceso a la infraestructura de red terrestre. La Red Satelital esta basada en el concepto de Red Compartida. Una organización fundamentada en este concepto esta asociada a la optimización de las inversiones económicas del usuario y al aprovechamiento eficiente del segmento espacial de radiofrecuencias para proporcionar los servicios para acceso al satélite, bajo el concepto de red compartida, la infraestructura consiste en una antena maestra de alta capacidad que concentra y direcciona los flujos de información de voz y datos a velocidades desde 9.6 hasta 64 Kbit/s de las estaciones remotas tipo VSAT (Very Small Aperture Terminal)

ubicadas en los nodos de usuario. Esta red constituye la Red Satelital Compartida de baja velocidad.

La Red Satelital compartida de alta velocidad se caracteriza por el desarrollo del multiplexaje, en estaciones terrenas de mediana capacidad de nominadas de banda ancha, de flujos de información desde 64 Kbit/s hasta 2 Mbit/s. La información multiplexada es enviada a una estación maestra de alta velocidad que transmite la información a los Estados Unidos. La red satelital de alta velocidad maneja los canales de 64 Kbit/s para transmisión a los EU mediante la implementación de estaciones VSAT en el nodo de usuario.

### **RED DE CONMUTACION DE PAQUETES**

La red de conmutación de paquetes (RCP) es una red especializada de transmisión de datos que pretende satisfacer las necesidades de comunicación interactiva de los usuarios con pequeños volúmenes de información a baja y media velocidad durante tiempos de transmisión cortos y esporádicos y ofrecer el servicio con un elevado nivel de confiabilidad y disponibilidad que garantice la integridad y confidencialidad de la información evitando grandes inversiones económicas. La implementación de la RCP se debe básicamente a la demanda de líneas y circuitos privados para transmisión de datos y al crecimiento en el país de los servicios telemáticos con requerimientos de conectividad internacional.

La técnica de conmutación de paquetes permite la separación de los flujos de datos en bloques de longitud variable denominados paquetes y facilitar su transporte a través de la red adicionando a la información campos de direccionamiento y señalización empleando los protocolos X.3, X.25, X.28, X.29 y X.75 definidos por el CCITT.

La RCP emplea sistemas redundantes a nivel de unidades de procesamiento, almacenamiento y enlaces de comunicación utilizando técnicas de enrutamiento dinámico.

La arquitectura de red está constituida por las tres secciones siguientes:

**RED DE TRANSPORTE.** Está compuesta por nodos de conmutación especializados de alta capacidad de tráfico dispuestos en topología tipo malla empleando como transporte la Red digital.

**RED DE ACCESO.** Está constituida por nodos de conmutación de bajo nivel de tráfico conectados a la red de transporte en topología tipo estrella mediante enlaces de alta velocidad y facilidad de acceso a usuario. Proporciona conectividad a usuarios de la Red digital a través de las facilidades que esta proporciona, por medio de líneas dedicadas o mediante la Red Telefónica Pública Conmutada.

**CENTRO DE CONTROL.** Esta constituido por sistemas de cómputo especializados conectados permanentemente a la red, con el propósito de desarrollar labores de planeación y supervisión, operación y mantenimiento y monitoreo de red.

## **1.2.1 SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA RED DIGITAL INTEGRADA DE MEXICO**

### **SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA RED DIGITAL TERRESTRE**

La red terrestre proporciona básicamente dos tipos de servicios:

- 1 SERVICIOS CONMUTADOS
- 2 SERVICIOS NO CONMUTADOS (DEDICADOS)

#### **SERVICIOS CONMUTADOS**

Los servicios conmutados se caracterizan por los siguientes aspectos

- i) Acceso a la Red Telefónica Pública Conmutada a través de la marcación de un número correspondiente a la red.
- ii) Vías de comunicación compartidas y comunes a todos los usuarios

Los enlaces conmutados se proporcionan como líneas digitales que pueden ser utilizadas como líneas directas o troncales asociadas a un conmutador. La conexión de un conmutador digital a una Central de conmutación AXE Ericsson se efectúa a través de troncales unidireccionales o bidireccionales con señalización de línea R2 digital y señalización de registro MFC R2 (Multi-Frequency Code R2) modificada. La conexión de un conmutador digital a una central de conmutación S12 Alcatel Indetel se hace por medio de troncales bidireccionales, también con señalización de línea R2 digital y señalización de registro MFC R2 modificada. Los aspectos referentes a la señalización de línea R2 digital y señalización de registro se tratan en el Capítulo 3.

La conexión de un conmutador analógico a una Central de conmutación AXE Ericsson se efectúa a través de una unidad de conmutación remota RSS (Remote Subscriber Switching) que convierte la señal de 30 canales analógicos en una trama de señal digital de 2.048 Mbit/s equivalente a 30 canales de voz digitales y viceversa. Para la conexión de un conmutador analógico a una central de conmutación S12 Alcatel Indetel se utiliza una unidad SPCM (Subscriber PCM) que utiliza señalización propia del SPCM y señalización de registro DTMF (Dual Tone Multiple Frequency).

#### **SERVICIOS NO CONMUTADOS**

Las características de los servicios o enlaces no conmutados son las siguientes:

- i) No existe acceso de la RTPC.
- ii) Utiliza vías de comunicación exclusivas y no compartidas (dedicadas).

Los enlaces no conmutados son líneas y circuitos digitales privados de alta velocidad, urbanos o interurbanos y punto a punto o multipunto empleando las redes de distribución de fibra óptica y radios digitales y la Red Digital de Microondas de TELMEX.

## **SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA RED SATELITAL.**

Los servicios que proporciona la Red Satelital comprenden la telefonía privada, transmisión-recepción de datos, texto e imagen digitalizada, distribución de datos y fax integrados en una estación remota tipo VSAT

Los servicios pueden ser ofrecidos en forma privada entre México y Estados Unidos, haciendo uso en México de los recursos satelitales y en E.U. de la red terrestre.

## **SERVICIOS PROPORCIONADOS POR LA RED DE CONMUTACION DE PAQUETES**

Los servicios que ofrece la Red de Conmutación de Paquetes están soportados por el concepto de circuito virtual, el cual esta fundamentado en una distribución tal de los recursos que en apariencia el usuario tiene la impresión de que todos ellos están destinados a él exclusivamente siendo en realidad que los recursos son compartidos por otros usuarios. Bajo este concepto, la utilización de la red para el transporte de los datos se propicia ya sea a través de un circuito virtual permanente equivalente a una línea dedicada en la red telefónica o por medio de un circuito virtual conmutado. En un circuito virtual permanente el usuario tiene asignado en forma permanente un enlace de comunicación de datos a un punto de destino. En un circuito virtual conmutado el usuario es requerido a establecer la conexión al punto de destino, transferir la información por un período dado y desconectar el enlace.

## **SERVICIOS DE VALOR AGREGADO**

Como parte de los servicios de valor agregado, la RCI<sup>3</sup> ofrece las facilidades de correo electrónico y videotexto. El correo electrónico es una aplicación orientada al intercambio de mensajería en forma electrónica. El videotexto es una aplicación que permite la difusión de información gráfica y textual.

Existe una amplia variedad de servicios definidos por el CCITT bajo el concepto RDSI, y los cuales se encuentran especificados en la *Parte II: "Facilidades de Servicio-Serie 1.200"*. Las definiciones y conceptos referentes a los servicios considerados son las siguientes:

**SERVICIOS PORTADORES** (Parte II, Sección 3 de la Serie I del CCITT). Corresponde al servicio proporcionado en base a las funciones ofrecidas por las capas inferiores 1, 2 y 3 del Modelo de Referencia OSI (Sección 8.3) considerando las características de transferencia de información, características de acceso y características de tarificación. Se definen servicios portadores en modo circuito y servicios portadores en modo paquete (Recomendaciones I.231 e I.232 respectivamente).

**TELESERVICIOS** (Parte II, Sección 4 de la Serie I del CCITT). Corresponde al servicio proporcionado en base a las funciones ofrecidas por las 7 capas del Modelo de Referencia OSI (Sección 8.3). El concepto de Teleservicios se encuentra definido en la Recomendación I.240 de CCITT.

Los servicios portadores y teleservicios proporcionados conforme a sus especificaciones originales constituyen los denominados servicios de telecomunicación básicos.

**SERVICIOS SUPLEMENTARIOS (Parte II, Sección 5 de la Serie I del CCITT)** Los servicios suplementarios modifican o adicionan las características de los servicios básicos. Estos servicios están definidos en la Recomendación E 250 del CCITT.

## 2 CONSIDERACIONES TEORICAS

### 2.1 MODULACION DIGITAL

#### 2.1.1 TECNICAS DE MODULACION POR PULSOS

La transmisión de una señal analógica  $s(t)$  continua en el tiempo mediante técnicas de modulación digital requiere del conocimiento de su amplitud instantánea a intervalos de  $1/(2f_m)$  segundos ( $f_m$  representa la frecuencia máxima de la señal  $s(t)$ ), es decir, no es necesario transmitir en forma continua la señal, sino que la información completa de tal señal puede ser representada y transmitida mediante valores discretos. La representación de la señal mediante niveles discretos puede ser realizada de diversas formas. La Figura 2.1 muestra la representación digital de una señal analógica  $s(t)$  mediante tres técnicas de modulación consideradas inicialmente. En la modulación PAM (Pulse Amplitud Modulation), se representa la amplitud instantánea de la señal a través de la amplitud de los pulsos permaneciendo el tiempo de duración de los pulsos constante. La modulación PWM (Pulse Wide Modulation) implica la variación de la anchura o duración del pulso en función de la magnitud instantánea de la muestra de la señal, permaneciendo constante la amplitud de los pulsos. La modulación PPM (Pulse Position Modulation) implica la variación de la posición del pulso con respecto a un instante de referencia, la amplitud de los pulsos también permanece constante.

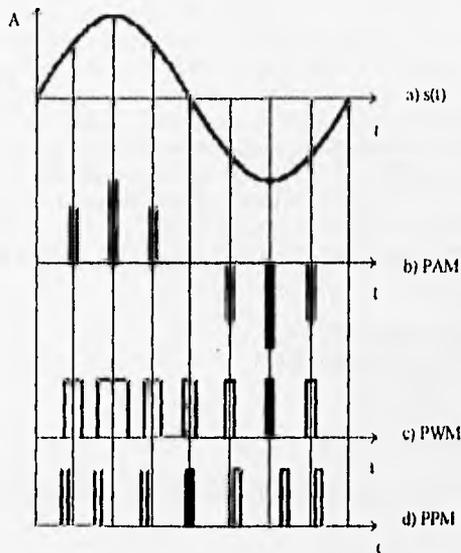


Figura 2.1 Modulación digital. a) Señal analógica, b) Modulación PAM, c) Modulación PWM y d) Modulación PPM.

Las técnicas PAM, PWM y PPM presentan características no deseables que restringen su utilización. La modulación PAM requiere del mantenimiento de los niveles de ruido del medio de transmisión dentro de límites lo suficientemente bajos, para evitar la influencia de las perturbaciones sobre la amplitud de los pulsos, esta técnica exige la fidelidad de la amplitud. La modulación PWM requiere de alta precisión de la característica de ganancia y fase del medio portador. La modulación PPM implica niveles de temporización altamente precisos.

Las limitantes presentadas por estas técnicas propician el surgimiento de una forma de modulación que utilizando igualmente medios digitales de representación por pulsos no presenta los inconvenientes de las anteriores. Esta técnica es denominada PCM (Pulse Code Modulation) y su utilización se ha generalizado para sistemas de transmisión digital dadas sus características.

## 2.2 FUNDAMENTOS DE LA MODULACION PCM

La técnica de Modulación por Codificación de Pulsos, también designada Modulación por Impulsos Codificados MIC, no presenta los inconvenientes de las técnicas de modulación descritas anteriormente debido a que no padece de deterioros acumulativos. En PCM la información no depende de las características de amplitud, duración o fase de un pulso sino del significado contenido en un conjunto de pulsos codificados de amplitud, duración y fase constantes. Dada la independencia de la información de los parámetros característicos de un pulso (amplitud, duración y fase), los factores que afectan a tales parámetros no son determinantes, en tanto los niveles de ruido permitan determinar al receptor la existencia o ausencia del pulso transmitido. Así entonces, los niveles de ruido del circuito, las distorsiones de fase y la precisión de la temporización no tienen efecto sobre la información transmitida.

En PCM la calidad de la transmisión es independiente de la distancia y de la configuración de la red. La calidad de la transmisión está determinada principalmente por las características de precisión de los circuitos de codificación y decodificación de los puntos terminales del sistema.

En PCM la transmisión de una señal es independiente de su naturaleza y es factible de mezclarse con otras señales de naturaleza u origen distinto en un mismo canal de transmisión sin hacer consideraciones especiales. El proceso de codificación aplicado a una señal la hace indistinguible de una señal de naturaleza distinta codificada de igual forma haciendo posible un tratamiento para multiplexaje y transmisión común a ambas.

La figura 2.2 muestra las funciones de transmisión básicas en un sistema PCM, clasificándose estas en

1. Conversión analógico a digital A/D
2. Multiplexaje por división de tiempo (TDM)
3. Transmisión-Recepción
4. Demultiplexaje
5. Conversión digital a analógico D/A

Las características de estas funciones son descritas en las Secciones siguientes.

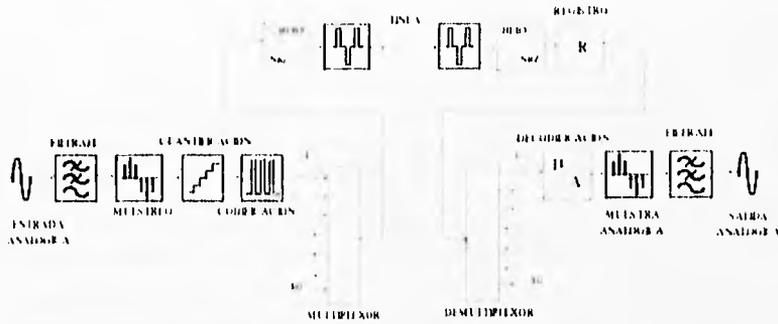


Figura 2.2 Funciones de transmisión básicas en un sistema PCM CPEI

## 2.2.1 CONVERSION ANALOGICO A DIGITAL (A/D)

El proceso de conversión analógico a digital está constituido por las siguientes etapas:

- 1 Muestreo
- 2 Cuantificación
- 3 Codificación

### 2.2.1.1 MUESTREO

El procedimiento de muestreo consiste en la medición periódica de la amplitud de la señal analógica. La definición del intervalo de tiempo que determina el instante en que se obtendrá cada muestra o magnitud instantánea de la amplitud de la señal está dada por el Teorema de Nyquist. El Teorema establece que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal de ancho de banda limitada, la expresión es

$$f_s \geq 2f_m \quad (2.1)$$

donde  $f_s$  representa la frecuencia de muestreo. La magnitud de tiempo máximo  $T_s$  que debe existir entre dos muestras consecutivas está dada por el periodo de la frecuencia de muestreo

$$T_s = 1/(2f_m) \quad (2.2)$$

El enunciado general del Teorema de muestreo es:

*Si se divide el intervalo de tiempo de una señal limitada en banda en partes iguales para formar subintervalos tales que cada uno tenga una duración de  $T_s$  segundos, donde  $T_s$  es menor que  $1/(2f_m)$  y si se toma una muestra instantánea de cada subintervalo, entonces el conocimiento de la magnitud instantánea de cada muestra y de los instantes en que se toma la muestra de cada subintervalo proporciona toda la información de la señal original.*

El Teorema de Nyquist establece que no es necesario conocer el valor de la amplitud en cada instante de tiempo para definirla completamente, sino que tal definición se consigue conociendo las amplitudes a intervalos de tiempo iguales o menores a  $T_s$ .

La Figura 2.3 a muestra el espectro en frecuencia de una señal analógica  $s(t)$  de ancho de banda limitado  $B$  y con una frecuencia máxima  $f_m$ . La Figura 2.3 b muestra el espectro de la señal muestreada correspondiente a la señal  $s(t)$  aplicando la relación  $f_s > 2f_m$ . Se observa que este espectro está constituido por un número infinito de subspectros trasladados en frecuencia. Los subspectros numerados impares, son similares al espectro de  $s(t)$  encontrándose trasladados en frecuencia a excepción del primero que es totalmente idéntico al espectro de la señal  $s(t)$ . Los espectros numerados pares son imágenes reflejadas del espectro de  $s(t)$  también trasladados en frecuencia.

La Figura 2.3 c muestra el espectro de la señal obtenida del muestreo de  $s(t)$  violando el Teorema de Nyquist de acuerdo a la relación  $f_s < 2f_m$ . Este espectro se caracteriza por la superposición de los subspectros numerados impares con sus imágenes espectrales consecutivas. A este fenómeno de superposición de subspectros se le denomina *Distorsión Alias*.

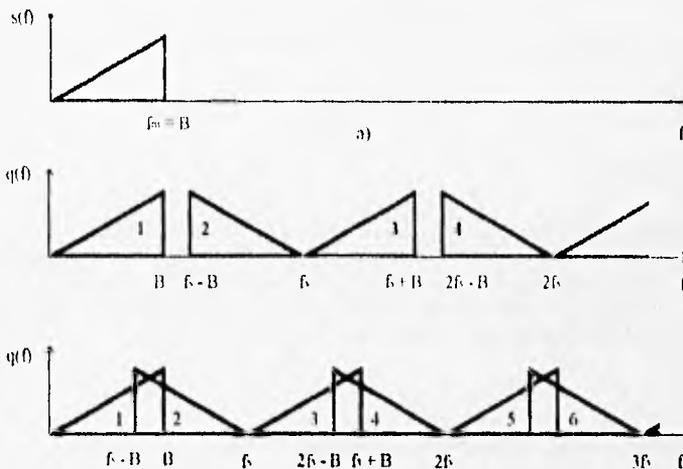


Figura 2.3 Espectros de señal. a) Espectro de  $s(t)$ , b) Espectro de  $s(t)$  muestreada con  $f_s > 2f_m$ , c) Espectro de  $s(t)$  muestreada con  $f_s < 2f_m$ .

En los sistemas telefónicos, el espectro de frecuencias correspondiente a una señal de voz está limitado por las frecuencias inferior y superior de 300 Hz y 3400 Hz respectivamente. La asignación de estos límites de frecuencia se ha hecho en base a la siguiente determinación, la mayoría de la información de una señal de voz analógica está contenida en la banda de frecuencias limitada por las frecuencias citadas. La frecuencia de muestreo utilizada por los sistemas telefónicos digitales es de 8 kHz, observese que es superior en 1.2 kHz a la frecuencia dada por el

Teorema de Nyquist, esta característica permite la aplicación de filtros más simples y económicos que no requieren una característica de corte abrupta en el tratamiento de la señal muestreada

Para un canal de voz muestreado a una velocidad de 8 kHz y con un código de longitud de 8 bits por muestra la velocidad de transmisión para tal canal deberá ser de 64 kbit/s ( $8192 \cdot 8 \text{ bit} = 64 \text{ kbit/s}$ ), requiriéndose entonces para 32 canales una velocidad de transmisión de 2.048 Mbit/s que corresponde a la velocidad de transmisión de un sistema PCM de primer orden CEPT de  $30 \cdot 2$  canales

### 2.2.1.2 CUANTIFICACION

El número de valores que puede tomar una muestra dentro del intervalo de amplitud desde  $-A$  hasta  $A$  de la señal  $s(t)$ , es infinito. Para especificar cada valor se requeriría de un número de códigos igualmente infinito implicando esto la necesidad de un canal de transmisión de ancho de banda infinito y una velocidad de transmisión también infinita. Dada la imposibilidad de conseguir tales características prácticamente en la transmisión, es necesario limitar la longitud de la palabra de los códigos, consiguiendo realizar una aproximación de la señal  $s(t)$ . El procedimiento de aproximación es denominado cuantificación e implica la división del intervalo de amplitud o área de cuantificación en subintervalos denominados intervalos de cuantificación. Estableciendo un número discreto de intervalos de cuantificación se obtiene un número igualmente discreto de códigos binarios, uno asociado a cada intervalo de cuantificación, limitando así el ancho de banda y velocidades de transmisión para el canal.

Las implicaciones del proceso de cuantificación son las siguientes, como se estableció inicialmente, la cuantificación permite la determinación de intervalos de cuantificación de amplitud finita, produciéndose un ancho de banda y una velocidad de transmisión también finitos además de su aplicación factible en sistemas de transmisión digital reales. No obstante, también la determinación de intervalos de características específicas generan en la señal obtenida diferencias con respecto a la señal a la que le fue aplicado el proceso de cuantificación. A estas variaciones de la señal obtenidas después de la cuantificación, se le denomina ruido de cuantificación (Sección 2.6.1).

La magnitud del ruido de cuantificación puede ser minimizada dependiendo de las características y forma de definición de los intervalos de cuantificación. El aumento del número de intervalos contribuye a reducir el nivel de ruido de cuantificación de la señal obtenida. De igual manera, es posible también reducir la magnitud del ruido de cuantificación con la aplicación de características de no linealidad en el proceso de cuantificación.

#### CUANTIFICACION LINEAL

El proceso de cuantificación lineal implica que la amplitud de los intervalos es constante. La Figura 2.4 muestra los conceptos asociados al proceso de cuantificación.

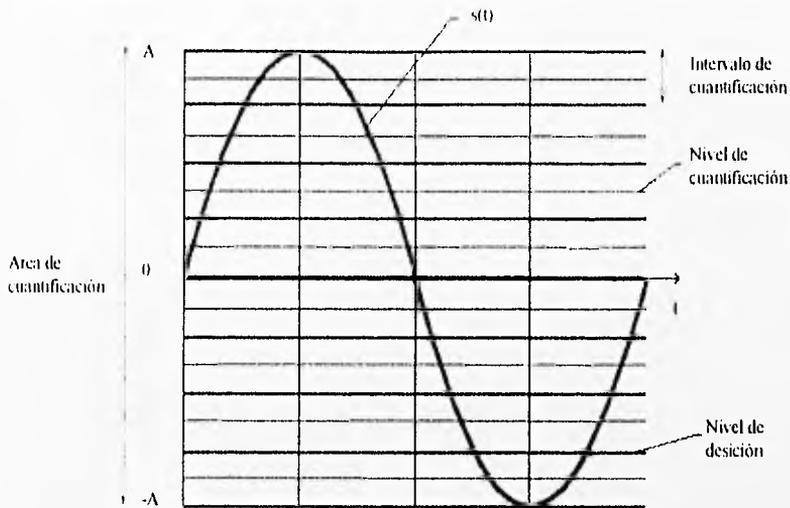


Figura 2.4 Conceptos de cuantificación.

*Área de cuantificación* Es el intervalo de amplitud cuyos límites están definidos por las amplitudes máximas positiva y negativa de la señal  $s(t)$ .

*Intervalo de cuantificación*. Es el subintervalo obtenido de la división del área de cuantificación.

*Nivel de decisión* Es el límite entre dos intervalos de cuantificación consecutivos.

*Nivel de cuantificación* Es el valor medio de los límites que definen un intervalo de cuantificación. Cada nivel de cuantificación está asociado a un intervalo de cuantificación único que proporciona los límites que delimitan tal nivel de cuantificación.

De acuerdo con la división del área de cuantificación, el valor de cada una de las muestras obtenidas en el proceso de muestreo está contenido en un intervalo de cuantificación y dado que cada intervalo de cuantificación está asociado a un código único, cada una de las muestras es identificada por el código binario correspondiente. La Figura 2.5 muestra la señal  $q(t)$  obtenida por el proceso de cuantificación aplicado a la señal  $s(t)$ . Sea  $\Delta A_i$  el  $i$ -ésimo intervalo de cuantificación perteneciente al área de cuantificación de magnitud  $2A$  y cuyos límites superior e inferior son  $a_i$  y  $b_i$  respectivamente, en tanto la magnitud instantánea de una muestra  $m_{t_0}$  en el instante  $t_0$  dada este contenida en el intervalo  $\{a_i > m_{t_0} > b_i\}$  el valor discreto de la amplitud de la señal  $q(t)$  será constante e igual a  $(a_i + b_i)/2$ . Los cambios entre los niveles de amplitud de  $q(t)$  se realizan en forma instantánea como se observa en la Figura 2.5.

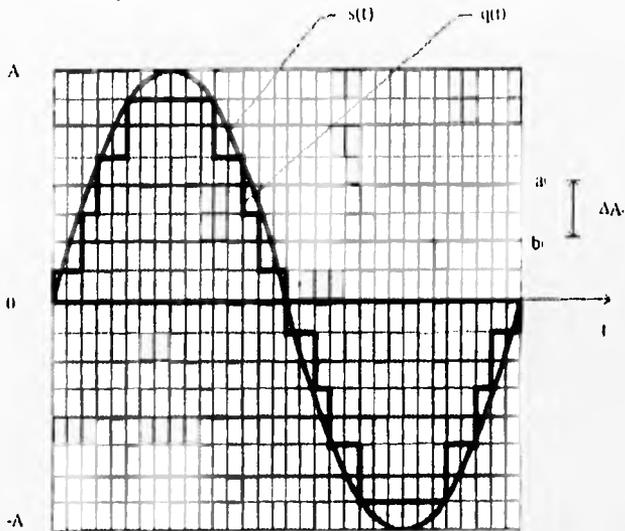


Figura 2.5 Señal cuantificada

### CUANTIFICACION NO LINEAL.

La cuantificación no lineal esta asociada a una variación logarítmica de la amplitud de los intervalos de cuantificación. La Figura 2.6 muestra el concepto de cuantificación no lineal aplicado a la señal senoidal  $s(t)$ , siendo su representación cuantificada la señal  $q(t)$ . En la Figura, la división del área de cuantificación se caracteriza por el crecimiento de los intervalos de cuantificación en tanto crece la amplitud de la señal  $s(t)$ . El crecimiento de los intervalos de cuantificación es proporcional a  $2^n$  donde  $n$  es el número del intervalo.

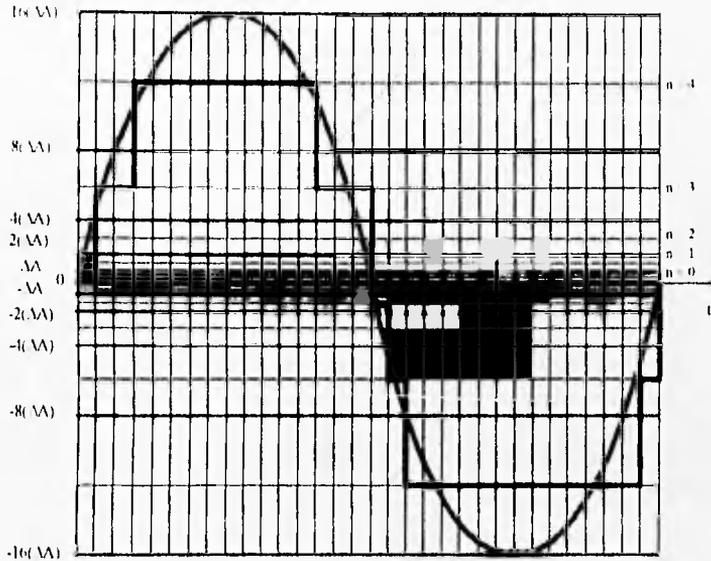


Figura 2.6 Cuantificación no lineal

### 2.2.1.3 CODIFICACION

En el proceso de codificación se efectúa una descripción inequívoca de cada nivel de cuantificación por medio de la asignación de un código binario. Si se divide, por ejemplo, el área de cuantificación en  $2^3$  intervalos, como se muestra en la Figura 2.7, se obtienen con palabras de 3 bits, el mismo número de códigos binarios distintos que de intervalos de cuantificación teniendo así una relación uno a uno inequívoca. Es evidente que la longitud de palabra en bits requerida para el proceso de cuantificación depende del número de intervalos de cuantificación en que este dividida el área de cuantificación.

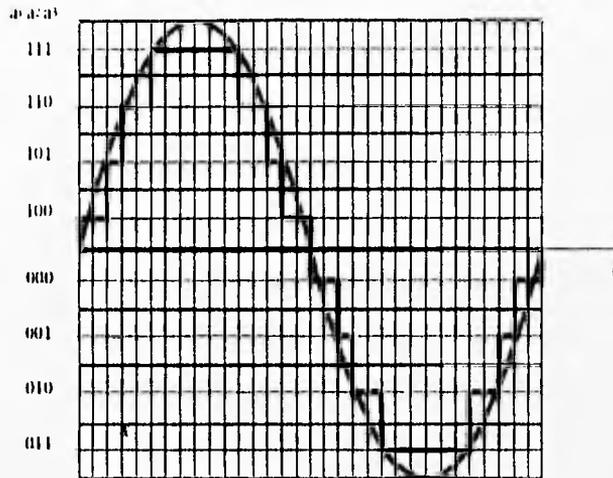


Figura 2.7 Codificación.

La organización de la codificación para las palabras de tres bits en la Figura 2.7 está conformada de la siguiente manera. El bit más significativo  $a_1$  es "1" para todos los niveles de cuantificación positivos y "0" para los niveles negativos. Los códigos generados por los bits  $a_2$  y  $a_3$  son asignados en forma simétrica con respecto al eje del tiempo, la magnitud de estos códigos crece en tanto el valor de la amplitud de la señal muestreada se hace más positiva o más negativa. Así entonces, los códigos binarios están constituidos por un bit de polaridad y un conjunto de bits de valor absoluto.

Los sistemas de transmisión PCM utilizados prácticamente, utilizan códigos de longitud de 8 bits, lo que permite la generación de 256 valores posibles para la señal muestreada. La organización de los 8 bits es como sigue. El bit más significativo corresponde al bit de polaridad, de los siete restantes, los siguientes tres indican, de acuerdo a la Figura 2.8, el segmento que corresponde a la muestra (dado que son 8 segmentos) y los últimos 4 bits indican la posición relativa dentro del segmento dado.

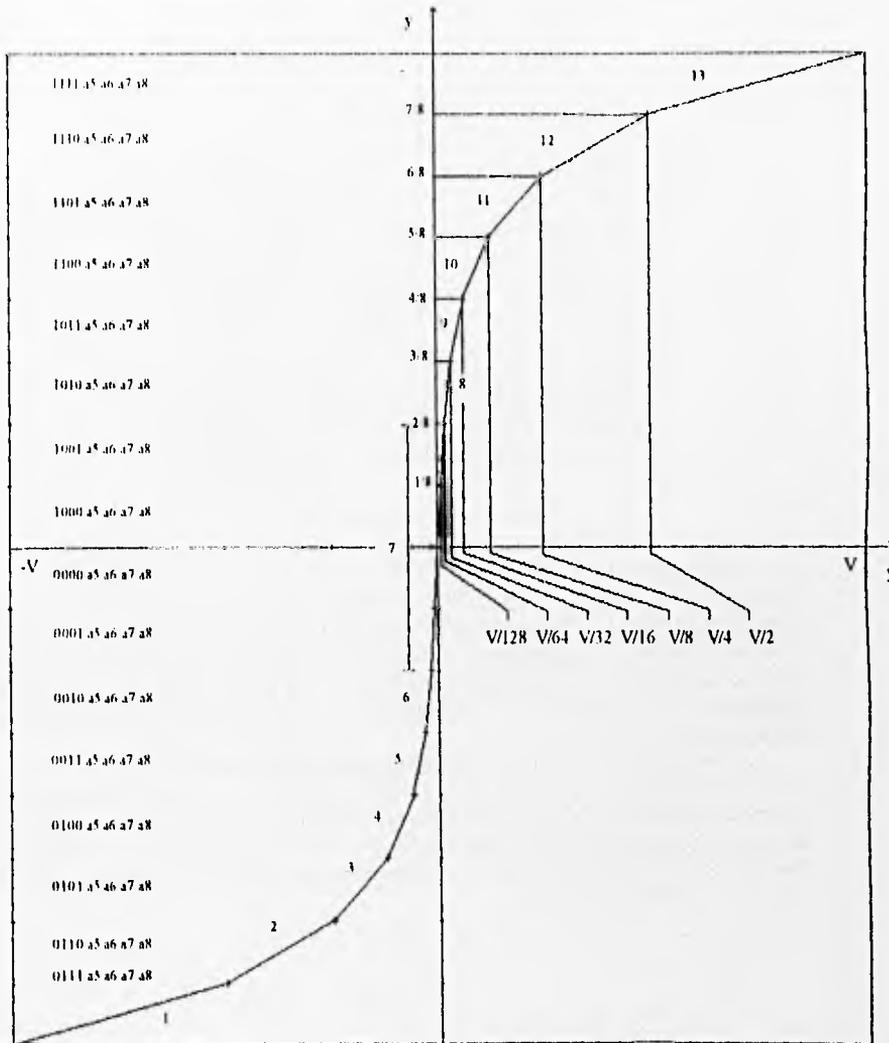


Figura 2.8 Ley de Codificación A.

El codificador constituye la parte del sistema PCM que genera los códigos binarios que representan los valores cuantificados de las muestras.

Los procesos de muestreo, cuantificación y codificación descritos hasta ahora constituyen el procedimiento de conversión analógico a digital y este es efectuado por el extremo transmisor, el desarrollo del proceso inverso de conversión digital a analógico corresponde al extremo receptor una vez que ha sido recuperada la información codificada generada por el transmisor.

### 2.2.2 MULTIPLEXAJE POR DIVISION DE TIEMPO (TDM, TIME DIVISION MULTIPLEXING)

La facilidad de la transmisión de la información completa de una señal analógica a través de muestras de su amplitud tomadas a intervalos de tiempo regulares de acuerdo con el Teorema de Nyquist, permite que el medio de transmisión solo se encuentre ocupado durante periodos correspondientes a cada muestra. Es posible, por tanto, permitir el tráfico a través del medio de transmisión a otras señales durante el tiempo en que no está ocupado el medio de transmisión. La transmisión de varias señales a través del mismo medio bajo el concepto de tiempo compartido se designa como multiplexaje por división de tiempo. El TDM se consigue al efectuarse el muestreo de todas las señales a transmitir e intercalando las muestras como se observa en la Figura 2.10 para el caso de tres señales.

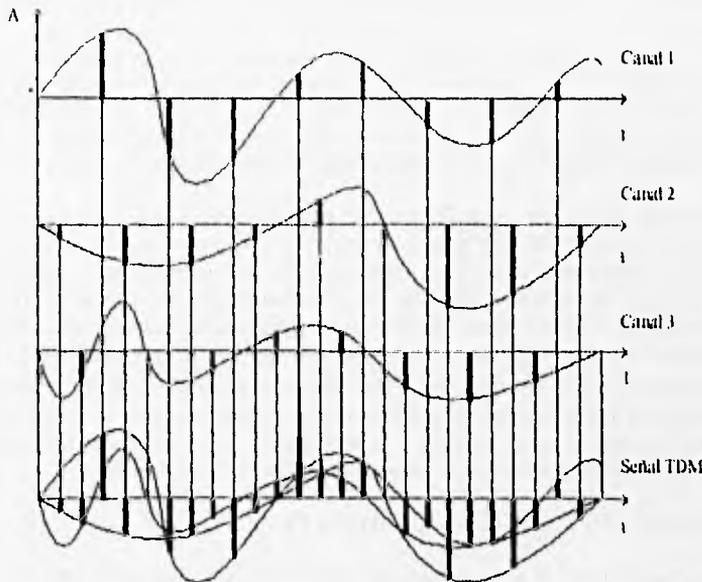


Figura 2.10 Multiplexaje en el tiempo de tres señales.

El proceso de multiplexaje en sistemas PCM de comunicación digital normalizados bajo la Ley de codificación A utilizados prácticamente se desarrolla simultáneamente para 30 canales telefónicos en el multiplexor. La integración de los 30 canales para la transmisión a través de un medio común, requiere de la adición de la información de señalización y sincronización para efectuar la recuperación de la información de los 30 canales telefónicos en la recepción. La velocidad de transmisión utilizada para el transporte de la información de señalización y sincronización es el equivalente a 2 canales telefónicos.

## **2.3 ESTRUCTURA DE TRAMA DE TRANSMISION DIGITAL PCM CEPT**

### **2.3.1 PRIMER ORDEN**

A la organización de la información o estructura básica que agrupa la información de los 30 canales telefónicos y los 2 canales para señalización y sincronización (trama PCM CEPT), se le denomina *Trama* (Frame). Cada trama esta constituida por una muestra de 8 bits de cada uno de los treinta canales mas dos palabras también de 8 bits que representan la información de señalización y sincronización. La duración de una trama es de 125  $\mu$ s de acuerdo con el siguiente razonamiento, si el número de bits transmitidos en una trama  $30 \times 2$  es de 256 ( $32 \times 8$ bit) entonces, el tiempo de duración de una trama es de 125  $\mu$ s ( $256 \text{ bit}/2048 \text{ kbit s}^{-1}$ ). Una *multitrama* es un conjunto de 16 tramas, el tiempo de duración de una multitrama es de 2 ms ( $16 \times 125 \mu$ s).

Los 32 canales de la trama son designados como intervalos de tiempo (TSs, Time Slots) y se encuentran numerados del 0 al 31. Asimismo, las tramas de una multitrama se numeran del 0 al 15.

#### **2.3.1.1 ALINEAMIENTO Y NO ALINEAMIENTO DE MULTITRAMA**

En el intervalo de tiempo 16 de la trama 0 se localiza la palabra que permite el reconocimiento del inicio de una multitrama. Los cuatro bits más significativos ( $b_1b_2b_3b_4$ ) son identificados como palabra de alineamiento de multitrama (MFAS, MultiFrame Alignment Signal) y son utilizados para el establecimiento de la sincronización de multitrama, el estado de estos bits siempre será cero. Los cuatro bits menos significativos ( $b_5b_6b_7b_8$ ) son identificados como palabra de no alineamiento de multitrama (NMFAS, Not MultiFrame Alignment Signal), los bits  $b_5$ ,  $b_7$  y  $b_8$  son de uso nacional y su estado deberá ser 1 si no están siendo utilizados, el bit  $b_6$  es usado para la transmisión de información de condición de alarma, si el estado de este bit es 0, no existe alarma presente, sin embargo, si su estado es 1 la interpretación deberá ser de una alarma de multitrama distante, es decir, la recepción no está identificando las multitramas entrantes.

#### **2.3.1.2 ALINEAMIENTO Y NO ALINEAMIENTO DE TRAMA**

En el intervalo de tiempo 0 de las tramas pares está ubicado el código identificado como palabra de alineamiento de trama (FAS, Frame Alignment Signal) que establece el inicio de una trama y es utilizado para el establecimiento de la sincronización de trama. El bit  $b_1$  se encuentra

reservado para futuro uso internacional siendo en tanto su estado igual a 1. Los bits  $b_2b_3b_4b_5b_6b_7b_8$  restantes han sido fijados a 0011011 respectivamente.

En el intervalo de tiempo 0 de las tramas impares se localiza la palabra de no alineamiento de trama (NFAS, Not Frame Alignment Signal) y en ella el bit  $b_1$  es utilizado para el envío de condición de alarma de trama distante, bajo esta condición se establece que la recepción no está identificando el inicio de las tramas. Los bits restantes han sido fijados a un estado igual a 1.

### 2.3.1.3 SEÑALIZACIÓN

El intervalo de tiempo 16 de las 16 tramas, excepto la trama 0, es utilizado para la Señalización por Canal Asociado (CAS, Channel Associated Signal). El código de 8 bits se encuentra dividido en dos palabras de cuatro bits, los más significativos transportan la información de señalización de los canales 1 al 15, en tanto los cuatro bits menos significativos manejan la información de señalización de los canales del 16 al 30. El intervalo de tiempo 16 de la trama 1 es utilizado para la señalización de los canales 1 y 16, la trama 2 para la señalización de los canales 2 y 17 hasta el uso de la trama 15 para la señalización de los canales 15 y 30. Las 15 tramas utilizadas son suficientes para la transmisión de la señalización de los 30 canales de información telefónica. Los cuatro bits de señalización son denotados por a, b, c y d, siendo a el más significativo. Los bits abcd proporcionan el estado de un canal.

Este tipo de señalización es identificado como señalización R2. Las características de este tipo de señalización son especificadas en la Sección 3 I.

La Figura 2.11 representa la constitución de la estructura de trama PCM 30.

El procedimiento de multiplexaje descrito es efectuado por el extremo transmisor, el desarrollo del proceso inverso de demultiplexaje corresponde al extremo receptor una vez que ha sido recuperada la información multiplexada generada por el transmisor.

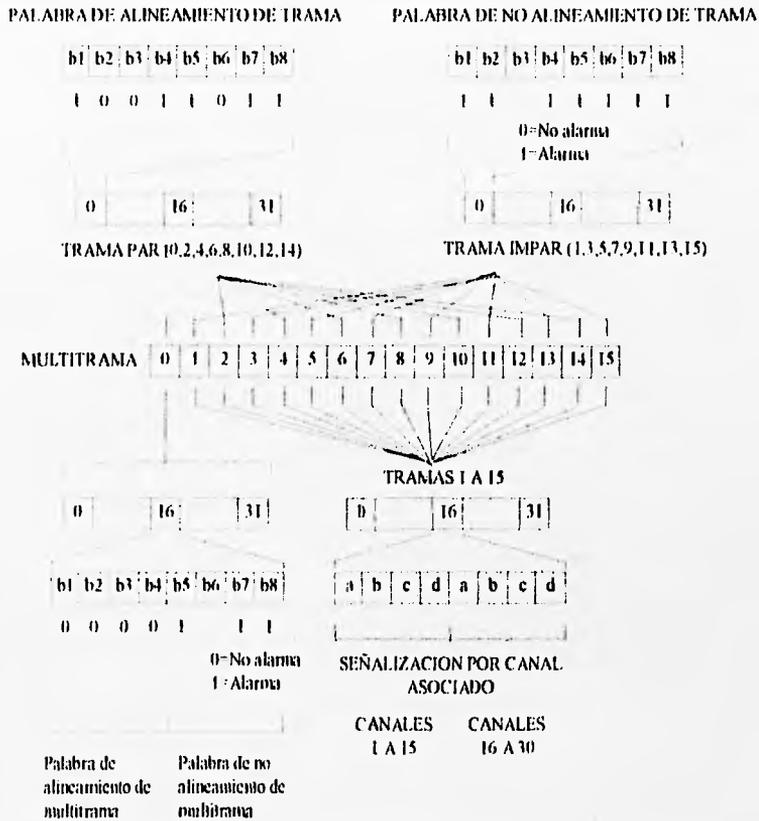


Figura 2.11 Estructura de trama PCM 30.

### 2.3.2 PCM DE ALTO ORDEN

Los sistemas de transmisión digital que efectúan el multiplexaje de cuatro señales digitales temporizadas por distintas fuentes de reloj son denominados sistemas de alto orden. De acuerdo con la definición del CCITT para el estándar europeo CEPT, las velocidades de transmisión que corresponden a los sistemas de alto orden se muestran en la Tabla 2.1.

ORDEN	VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbps]	CANALES DIGITALES [0-1 kb/s]
PRIMERO	2.048	30
SEGUNDO	8.448	120
TERCERO	34.368	480
CUARTO	139.264	1920

Tabla 2.1 Jerarquía PCM CEPT

Las señales digitales multiplexadas son denominadas tributarias y se refieren como plesiócronas debido a que se encuentran temporizadas por fuentes de reloj individuales pero ajustadas a la misma frecuencia de operación normalizada

El procedimiento de multiplexaje y generación de la estructura de trama descrito a continuación es aplicable para todos los niveles jerárquicos superiores

Considere C1, C2, C3 y C4 como las tributarias que serán multiplexadas en el tiempo (Figura 2.12) y B la velocidad de transmisión de las tributarias, suponiendo que es idéntica para las cuatro. Así entonces la velocidad de transmisión de la tributaria resultante será

$$B_T = 4 \cdot B + B'$$

donde B' representa el ancho de banda requerido para la transmisión de información de sincronización, la magnitud de B' depende del nivel jerárquico de multiplexaje.

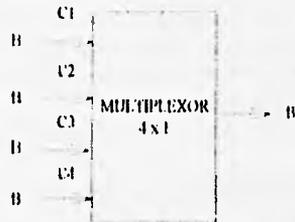


Figura 2.12 Multiplexaje de 4 tributarias

El multiplexaje consiste en la extracción periódica de un bit de cada una de las tributarias durante 64 ciclos y la inserción de una palabra de alineamiento de trama de 8 bits de longitud. Este proceso de multiplexaje genera una estructura de trama, la cual es esquematizada en la Figura 2.13 en la que se muestra la correspondencia entre la velocidad de transmisión B de las tributarias y la velocidad resultante B\_T.

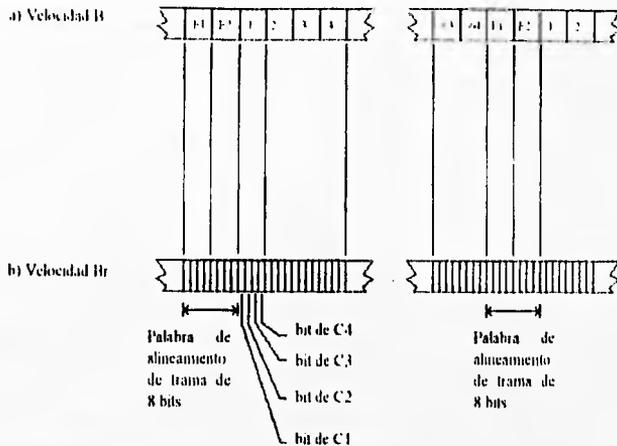


Figura 2.13 Multiplexaje de alto orden. a) Velocidad B de tributaria. b) Estructura de trama ideal generada por multiplexaje

El procedimiento de inserción de la palabra de alineamiento de trama de ocho bits se realiza en base a la utilización de un registro circular o memoria elástica. La escritura en el registro circular se desarrolla en forma continua desplazándose los datos de localidad a localidad en forma circular, sin embargo, la lectura se efectúa en forma sistemática con detenimientos periódicos para permitir la inserción de la información de control. La Figura 2.14 esquematiza el procedimiento de lectura, escritura e inserción para la generación de la trama de alto orden.

Las diferencias entre las velocidades de escritura  $V_w$  y lectura  $V_{r0}$  y de escritura  $V_w$  y lectura  $V_r$  corresponden a 1 bit de acuerdo al siguiente criterio

- i) En  $t_0$  cuando se escribe en el registro  $R_n$  a la velocidad  $V_w$ , se lee en el registro  $R_{n+m}$  a la velocidad  $V_{r0}$ .
- ii) En  $t/2$  cuando se escribe a la velocidad  $V_w$  en el registro  $R_n$ , se lee en el registro  $R_{n+m+1}$  a la velocidad  $V_r = V_w$ .
- iii) En  $t$  cuando se escribe a la velocidad  $V_w$  en el registro  $R_n$ , se lee a la velocidad  $V_r$  en el registro  $R_{n+m+2}$  (Figura 2.14).

Las localidades de la memoria asociadas a la compensación de velocidades de lectura y escritura representan la región de operación de la memoria elástica.

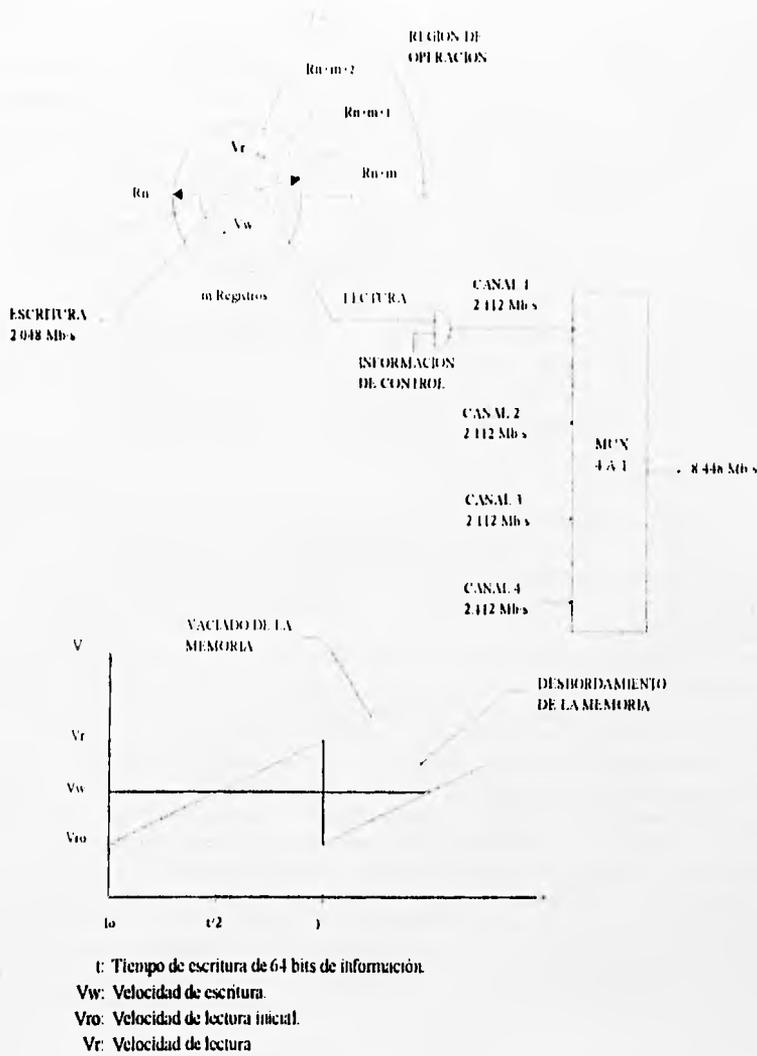


Figura 2.14 Generación de trama de alto orden utilizando un registro circular.

El caso de velocidades mostrado gráficamente, representa sólo un comportamiento idealizado de una de las tributarias a multiplexar, en aplicaciones reales debe considerarse que el multiplexaje

es de cuatro tributarias plesiochronas con variaciones de velocidad con respecto a las otras tributarias y con respecto a su propia velocidad. La descripción de este caso supone que la velocidad de escritura  $V_w$  es constante, la naturaleza de los sistemas plesiochronos utilizados modifica el comportamiento de las velocidades de escritura y por tanto de lectura de la memoria elástica para neutralizar las variaciones de la temporización de las tributarias a multiplexar.

En los sistemas PCM prácticos, dado que las tributarias se encuentran temporizadas por fuentes de reloj individuales, las velocidades de transmisión de estas suelen no ser idénticas (para tributarias de 2 048 Mbit/s por ejemplo, la máxima desviación permitida es de  $\pm 50$ ppm equivalentes a 100 Hz aproximadamente) y/o encontrarse referenciadas en distintos instantes, requiriéndose entonces la aplicación de un procedimiento de *Justificación* para neutralizar estas diferencias y hacer posible el multiplexaje.

Supongase que la velocidad de escritura se incrementa, este incremento producirá el desbordamiento de la capacidad del registro circular con la consecuente pérdida de información. Contrariamente, si la velocidad de escritura se decreta, se produce el vaciado del registro circular requiriéndose de la duplicación de la información para evitar la pérdida de la continuidad en la transmisión. A ambas situaciones se les designa como *Slips* o deslizamientos.

### 2.3.2.1 JUSTIFICACION

La neutralización de las variaciones de fase entre los relojes de escritura y lectura se realiza a través de la justificación. Este procedimiento consiste básicamente en la inserción de los bits J1, J2, X y Y incrementando la longitud de una trama. Los bits J1 y J2 son referidos como bits de control de la justificación, en tanto, los bits X y Y representan intervalos de tiempo que pueden o no contener información.

Suponga nuevamente que la velocidad de escritura de una tributaria es superior a la velocidad de lectura para multiplexaje, dado que no es posible disminuir la velocidad de escritura desde el multiplexor, se requiere incrementar la velocidad de escritura utilizando el intervalo Y para leer información, así entonces, los datos contenidos en el intervalo Y deberán ser demultiplexados a la recepción. Esta condición de utilización del intervalo Y para transportar información es indicada a la recepción por medio de la codificación de los bits de control de justificación J1 y J2 y es designada como justificación negativa. Considerese ahora el caso contrario en el que la velocidad de escritura es inferior a la velocidad de lectura, requiriéndose entonces la disminución de la velocidad de lectura, esto se consigue evitando la lectura durante el intervalo S. El intervalo S es designado como bit de justificación o inserción. De igual forma la indicación de esta condición a la recepción se realiza a través de la codificación de los bits de control de justificación y es designada como justificación positiva. La estructura de trama generada dadas las condiciones de justificación se muestra en la Figura 2.15. Los códigos asignados a los bits de control de justificación de acuerdo con la condición de lectura-escritura del registro circular se muestran en la Tabla 2.2.

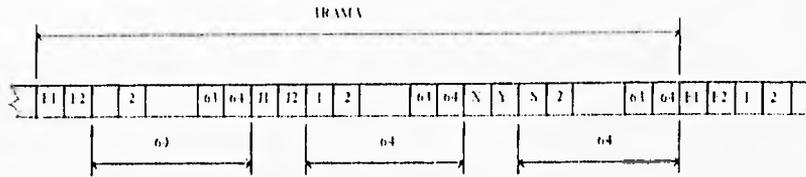


Figura 2.15 Estructura de trama con inserción de bits de control de justificación y de inserción

CONDICION	BITS DE CONTROL		ESTADO DE		TIPO DE JUSTIFICACION
	J1	J2	Y	S	
$V_w > V_r$	1	0	DATOS	DATOS	NEGATIVA
$V_w < V_r$	0	1	NO DATOS	NO DATOS	POSITIVA
$V_w = V_r$	0	0	NO DATOS	DATOS	NINGUNA

Tabla 2.2 Códigos de los bits de control de justificación.

El proceso de justificación realizado a la transmisión está asociado al procedimiento contrario de desjustificación desarrollado en la recepción.

Considere ahora la presencia de un error en los bits de control de justificación, dado que esto producirá una interpretación errónea de la información y pérdida de sincronía, el envío de los bits de control es redundante, es decir, durante una trama los bits de control son enviados tres veces. La estructura de trama resultante se muestra en la Figura 2.16.

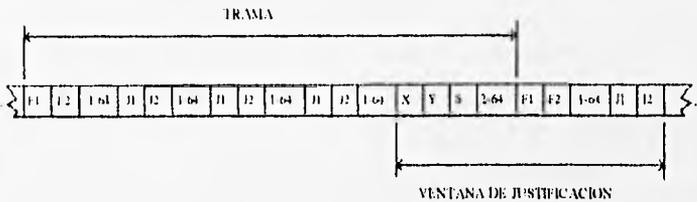


Figura 2.16 Estructura de trama con inserción redundante de los bits de control de justificación.

El envío redundante de los bits de control de justificación disminuye la probabilidad de error de justificación  $P_j$  con respecto a la probabilidad de error de bit  $P_e$ , esta relación está dada por la siguiente expresión

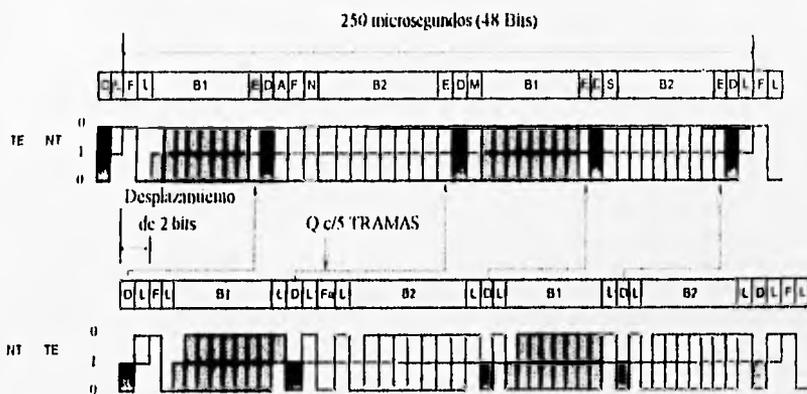
$$P_j = 3 P_e^2$$

El intervalo de tiempo designado como *ventana de justificación* (Figura 2.16) es utilizado para efectuar la evaluación de la relación de fases de los relojes de escritura y lectura para generar los códigos de los bits de control de justificación.

## 2.4 ESTRUCTURA DE TRAMA DEL ACCESO BASICO EN RDSI (2B+D)

Las características de la estructura de trama utilizada en el multiplexaje y transmisión del conjunto de enlaces funcionales correspondientes al acceso básico para RDSI 2B+D (Sección 8.2) son las siguientes.

El acceso 2B+D representa una estructura de trama digital bidireccional definida para proporcionar los servicios RDSI a nivel básico. Esta estructura, está constituida por una secuencia de 250µs correspondientes a 48 bits y equivalentes a una velocidad de transmisión de 192 kbit/s. La Figura 2.16 a muestra la estructura de trama correspondiente a los dos sentidos de transmisión, de la Terminación de Red NT (Network Termination) hacia el Equipo Terminal del usuario TE (Terminal Equipment) y de TE hacia NT.



- A: BIT DE ACTIVACION/DESACTIVACION
- B1: BIT DEL CANAL B1 BIDIRECCIONAL DE 64 kbit/s
- B2: BIT DEL CANAL B2 BIDIRECCIONAL DE 64 kbit/s
- D: BIT DEL CANAL D BIDIRECCIONAL DE 16 kbit/s
- E: BIT DE CANAL D DE ECO (NT a TE) DE 16 kbit/s
- F: BIT DE ALINEAMIENTO DE TRAMA (Framing Bit)
- Fa: BIT AUXILIAR DE ALINEAMIENTO DE TRAMA (Auxiliary Framing Bit)
- L: BIT EQUILIBRIO DE CD (DC Balancing Bit)
- M: BIT DE ALINEAMIENTO DE MULTITRAMA (Multiframe Bit)
- N: BIT N  $\bar{F}_a$  (NT a TE)
- NT: TERMINACION DE RED (Network Termination)
- Q: BIT DEL CANAL Q (800bit/s)
- S: BIT DEL CANAL S (4kbit/s)
- TE: EQUIPO TERMINAL (Terminal Equipment)

Figura 2.16 a Estructura de trama del Acceso Básico RDSI, 2B+D.

Los enlaces funcionales mostrados en la Figura 2.16 a pueden ser clasificados de acuerdo a los siguientes criterios

a) PARA EL TRANSPORTE DE DATOS

i) CANALES B1 Y B2 Son Canales Bidireccionales de 64 kbit/s que se establecen en Modo Circuito, es decir, un canal es atribuido a un único terminal durante toda su comunicación

ii) CANAL D Es un Canal Bidireccional de 16 kbit/s que se establece en Modo Paquete y es compartido por todos los terminales en configuración multipunto

b) PARA LA GESTION DE LA INTERFAZ

i) FUNCION DE RESOLUCION DE CONFLICTOS EN EL ACCESO AL CANAL D Es gestionada a través del bit E, que es un canal unidireccional del NT hacia el TE de 16 kbit/s que transporta el Eco del Canal D transmitido por los terminales, es decir, las tramas recibidas por el NT contienen un canal de eco (bits E) que es utilizado para la retransmisión de los bits D recibidos de los TEs. El canal D de eco se utiliza para el control de acceso al canal D y sus bits se encuentran separados con el objeto de que el eco (bits E) sea recibido por los TEs antes de la emisión del siguiente bit D por parte de los TEs. Este es el motivo por el cual la trama está estructurada por 48 bits en 250µs.

El procedimiento de acceso al canal D permite a varios TEs conectados en una configuración multipunto (Sección 8.2.2) acceder al canal D de manera ordenada. El procedimiento asegura que aún en los casos en que dos o más TEs traten de acceder simultáneamente al canal D, uno de los TEs, pero sólo uno, siempre completará la transmisión de su información.

ii) FUNCION DE SINCRONIZACION. Los terminales TE son sincronizados por relojes de bit, trama y multitrama con el NT. El reloj de bit está asociado a la velocidad de transmisión de 192 kbit/s, se encuentra implícito en la señal y es transportado a través del código de línea seodoternario correspondiente. El reloj de trama (4kHz) es utilizado para la sincronización a nivel de trama y es transportado a través de los canales F/L y F<sub>3</sub>/N. El reloj de multitrama (200Hz) es transportado a través del bit M emitido en el sentido de NT a TE y se considera que la emisión de este reloj por parte del NT es opcional.

iii) FUNCION DE ACTIVACION/DESACTIVACION. La función de activación/desactivación es establecida a través del bit A en el sentido de NT a TE y permite poner en modo de bajo consumo de energía al conjunto de TEs y NT en ausencia de comunicación en curso en el Nodo de Usuario.

iv) FUNCION DE ALIMENTACION. Permite la transferencia de energía a través de la interfaz. El sentido de la transferencia depende de la aplicación y normalmente se efectúa de NT a TEs.

v) FUNCIONES DE MANTENIMIENTO. Las funciones de mantenimiento permiten a un TE solicitar a la parte de NT la ejecución automática de pruebas o activación de un "loop back"

para la determinación de la calidad de su enlace y la recepción de sus resultados. Estas funciones son conducidas en el sentido de TE a NT a través del canal Q de 800 bit/s (equivalente a la transmisión de un bit Q cada 5 tramas) y en el sentido NT a TE a través del canal S de velocidad de 4 kbit/s. Los TEs que no requieren utilizar el canal Q deben transmitir un "1" en los bits  $F_n$  correspondientes a estas tramas.

La definición de la trama que multiplexa los canales de información y de gestión de interfaz está constituida en base a las dos consideraciones siguientes:

1. Cada trama debe contener un número par de elementos binarios iguales a cero lógico (correspondientes a un potencial positivo o negativo dependiendo del orden de alternancia de acuerdo al código de línea seculoternario utilizado para esta estructura de trama y el cual es descrito en la Sección 2.5.1) con el propósito de nulificar la componente de CD trama a trama. Esta nulificación de la componente de CD es lograda a través de la introducción en la trama de los bits L, designados como bits de balanceo o equilibrio de CD y los cuales son mostrados en la Figura 2.16 a. Los bits L son utilizados para equilibrar los grupos de bits de trama precedentes. El último bit L de la trama se utiliza para el equilibrio de cada trama completa.

2. En el sentido TE a NT, un mecanismo incluido en la trama, debe garantizar que en los canales donde exista conflicto de acceso, los elementos binarios emitidos a cero en el mismo instante por varios terminales tengan la misma polaridad. La polaridad que puede tomar cada uno de los elementos binarios constitutivos de la trama se muestra en la Figura 2.16 a.

## 2.5 CODIGOS DE LINEA

Para que la interpretación de la información enviada por el transmisor sea la misma para el receptor, se requiere una base de tiempos común o una señal de reloj común. El proceso de establecimiento de la referencia de tiempo común entre transmisor y receptor se designa como sincronización. En los enlaces de corta distancia la sincronización se establece a través de un canal o línea separado específico para la temporización. Cuando las distancias entre transmisor y receptor son considerables y la implementación de canales separados para sincronización no es posible, la temporización se incorpora a la propia señal de información a través de los códigos autosincronizados o códigos de línea. El código de línea permite al receptor la comprobación periódica de la referencia de tiempo generada por el transmisor para reajustar su funcionamiento a través de la extracción de la señal de reloj de la señal de información. Los códigos de línea se caracterizan por la existencia de transiciones regulares y periódicas del estado del canal (transiciones de niveles de tensión) a nivel de bit. Las transiciones se efectúan periódicamente a intervalos de tiempo igual a la duración de un bit para delimitar la existencia de estos.

Los siguientes códigos digitales han sido clasificados por la polaridad de los niveles de tensión que presentan.

**CODIGO UNIPOLAR.** Los estados lógicos representados a través de esta codificación corresponden a niveles de tensión con una sola polaridad (0V y +V para dos estados lógicos).

**CODIGO POLAR.** Los estados lógicos son diferenciados por el signo de los niveles de tensión que los representan (+V y -V para dos estados lógicos).

**CODIGO BIPOLAR.** La señal se representa a través de la variación de la tensión entre tres niveles (+V, 0V y -V).

Los códigos de línea se caracterizan por ser códigos bipolares sin componente de CD dado que su valor de tensión medio durante un periodo suficientemente amplio es cero. El propósito de la implementación de los códigos de línea es la adecuación de la señal digital al medio de transmisión a través de la modificación de las características de la señal. La adecuación de la señal al medio de transmisión consiste básicamente en los siguientes puntos:

- a) Eliminación de la componente de CD de la señal para su aplicación a los transformadores de acoplamiento de los repetidores regenerativos en el medio de transmisión.
- b) Eliminación de grandes secuencias de ceros en la señal para evitar la pérdida de sincronización del receptor.
- c) La adecuación del espectro de potencia de la señal para el mejoramiento de la respuesta ante la atenuación.
- d) Verificación y detección de errores en la señal.

La Figura 2.17 muestra las características de algunos de los códigos digitales y de línea utilizados para los equipos de transmisión digitales.

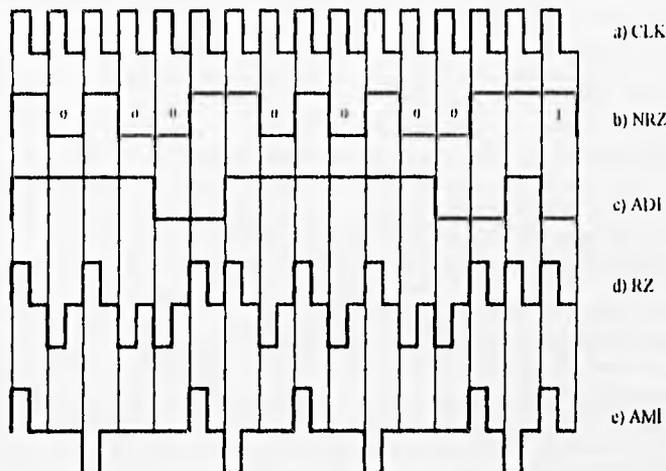


Figura 2.17 Códigos digitales. a) Pulso de reloj, b) Código NRZ, c) Código ADI, d) Código RZ, e) Código AMI.

La Figura 2.17.b muestra las características del código NRZ (No Return to Zero). Este código puede ser polar o bipolar con una duración de pulso del 100% y dado que no presenta transiciones en el periodo de duración del pulso carece de la característica de autosincronización.

En la Figura 2.17.c se muestran las características del código ADI (Alternate Digit Inversion). Esta codificación implica la inversión del estado de los bits en forma alterna, es decir, supongase que los ciclos de reloj de la Figura 2.17.a han sido numerados, entonces, a los bits asociados a los pulsos de reloj pares, por ejemplo, se les invertirá su estado lógico, en tanto los bits correspondientes a los ciclos impares permanecen intactos de acuerdo con la codificación ADI.

El código ADI es utilizado como código de conversión y su aplicación se debe a la existencia de un elevado número de ceros generado en el proceso de codificación de la voz.

La Figura 2.17.d muestra las características de la codificación RZ (Return to Zero). El código RZ es de naturaleza bipolar y como se observa presenta una transición por bit a un periodo de duración del 50%, esta característica permite la incorporación de la temporización a la señal de información para sincronización del receptor. Sin embargo el incremento de transiciones por bit incrementa la velocidad de transmisión binaria requiriéndose el incremento del ancho de banda asociado a la velocidad de transmisión.

La Figura 2.17.e muestra las características de la codificación AMI (Alternate Mark Inversion). El código AMI es un código bipolar autosincronizado con la característica de inversión alternada de unos, es decir, supongase que se numeran nuevamente los ciclos de reloj, en esta ocasión solamente los que corresponden a bits con un estado lógico igual a uno, entonces, los bits asociados a los ciclos de reloj pares, por ejemplo, estarán representados por un nivel de tensión +V, en tanto los bits numerados impares serán representados por un nivel de tensión -V o viceversa.

Debido a la necesidad de evitar la transmisión de grandes secuencias de ceros que contribuyen a la pérdida de las referencias de tiempo del receptor con respecto al transmisor y la imposibilidad de los códigos descritos anteriormente para evitar este efecto, los sistemas de transmisión digital utiliza el código de línea HDB3 (High Density Bipolar Three), el cual tiene las siguientes características:

La codificación HDB3 implica la inversión de los bits de estado lógico igual a uno alternativamente en la misma forma que la codificación AMI, sin embargo la codificación HDB3 prevé y evita las secuencias de más de tres ceros consecutivos a través de la inserción de pulsos extras y de violación. El procedimiento de inserción de estos pulsos es descrito a continuación.

Supongase una señal NRZ con las características mostradas en la Figura 2.18, donde se observa la presencia de dos secuencias de cuatro y cinco ceros respectivamente y se muestran además los pulsos de violación y el pulso extra insertados para evitar una secuencia mayor a tres ceros consecutivos. El pulso de violación correspondiente al pulso de reloj 6 ha sido insertado inmediatamente después del tercer cero transcurrido, la polaridad de este pulso de violación es la misma que la polaridad del pulso correspondiente al último uno lógico (pulso de reloj 2) antes del inicio de la secuencia de cuatro ceros, el receptor utiliza esta característica de igualdad de polaridades entre el pulso del último uno lógico y el pulso de violación para identificar la presencia de la violación. En la segunda secuencia de ceros (pulsos de reloj 11 a 15) se observa que la polaridad del pulso de violación es contraria a la del pulso de violación asociado a la secuencia de ceros inmediatamente anterior (pulsos de reloj 3 a 6), esta inversión de polaridades se realiza con el objeto de hacer igual a cero la componente de CD que se generaría si la totalidad de los pulsos de violación fueran de la misma polaridad. Se observa además que se ha insertado un pulso extra (pulso de reloj 11) necesario para la identificación del pulso de violación de la segunda secuencia, pues de no existir, el receptor interpretaría la violación como uno lógico dado que obedecería la alternancia de unos entre el uno lógico (pulso de reloj 10) NRZ, y el pulso de violación (pulso de reloj 14). La inserción, entonces, del pulso extra identifica la violación como tal puesto que tanto el pulso extra como el de violación son de la misma polaridad.

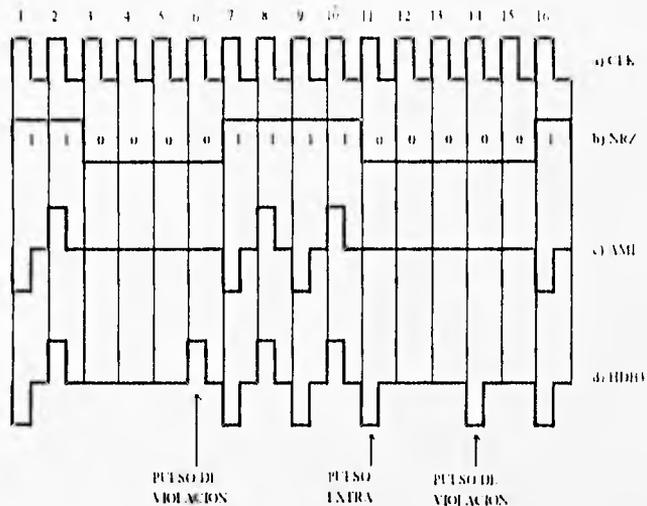


Figura 2.18 Codificación HDB3 a) Pulso de reloj, b) Código NRZ, c) Código AMI, d) Código HDB3

Las normas de codificación HDB3 son las siguientes.

i) La representación de los bits iguales a uno lógico se realizará con niveles de tensión de polaridades +V y -V en forma alternada (codificación AMI) en tanto no se presenten secuencias de ceros mayores a tres.

ii) En una secuencia de ceros superior a tres consecutivos, se realizará la inserción de un pulso de violación de polaridad igual a la del último uno lógico identificado antes del inicio de la secuencia de ceros.

iii) La polaridad de un pulso de violación correspondiente a una secuencia de ceros deberá ser contraria a la polaridad del pulso de violación correspondiente a la secuencia de ceros inmediatamente anterior.

iv) Si la inversión de polaridades de los pulsos de violación propicia la interpretación de uno de ellos como un uno lógico NRZ, respetando la polaridad, deberá realizarse la inserción de un pulso extra de polaridad igual a la del pulso de violación en la posición del primer cero de la secuencia.

### 2.5.1 CODIGO SEUDOTERNARIO

El código de línea utilizado en el multiplexaje y transmisión del conjunto de enlaces funcionales correspondientes al acceso básico para RDSI, 2B+D en lo que se refiere a la interfaz S/T (Sección 8.2) es denominado código seudoternario. Este código es apropiado dada la necesidad, en el acceso básico, del transporte simultáneo de datos, temporización y alimentación y

es aplicado en los dos sentidos de transmisión. Las características del código pseudoternario son las siguientes:

- a) Para la representación de un "0" lógico se elige alternativamente un pulso positivo o negativo de duración igual a la de un elemento binario. La alternancia de la polaridad, nuevamente, permite la multiplicación de la componente de CD.
- b) Para la representación de un "1" lógico se utiliza la ausencia de señal durante el tiempo correspondiente a un elemento binario.
- c) Dada la transmisión simultánea de varios terminales, la señal eléctrica resultante es la suma algebraica de las señales emitidas por los terminales (Figura 2.19).

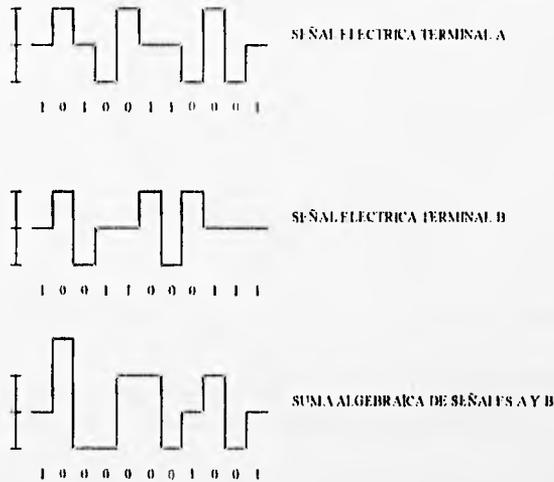


Figura 2.19 Código pseudoternario.

- d) La emisión simultánea de unos, será interpretada como "1".
- e) La emisión simultánea de "1" y "0", será interpretada como "0".
- f) La emisión simultánea de ceros, conlleva a las siguientes opciones de interpretación:
  - i) Los ceros son emitidos con la misma polaridad, siendo la suma algebraica representativa de "0".
  - ii) Los ceros son emitidos con polaridad inversa, siendo la suma algebraica resultante la correspondiente a "1" (ausencia de señal).

Para evitar la emisión simultánea de ceros de polaridades inversas, dado que este caso corresponde a una interpretación incorrecta de la información, el código realiza la operación lógica AND sobre la información emitida simultáneamente. Así entonces, los terminales que no requieren emitir información, transmitirán por tanto unos lógicos, con el propósito de no condicionar al terminal que transmita información sobre el canal.

## 2.5.2 CÓDIGO DE LINEA 2B1Q

El código de línea utilizado en la sección digital del acceso básico, la cual corresponde al punto de referencia U (Sección 8.2) y en donde la transmisión digital es vía un par trenzado, es el código de dos dígitos binarios codificados en un símbolo cuaternario 2B1Q (2 Binary digits encoded into 1 Quadrenary symbol). La característica básica de este código de línea es la posibilidad, debido al uso de la codificación multinivel, de reducir el ancho de banda asociado a la velocidad de transmisión de 160 kbit/s utilizada en el punto de referencia U. Para ilustrar el concepto de codificación multinivel (Figura 2.19.a) en el código 2B1Q, considere la velocidad de transmisión de 160 kbit/s, el ancho de banda asociado a esta velocidad en ausencia de codificación multinivel sería de 160 kHz, es decir, 160 kbaud. Sin embargo ahora, si en vez de asociar a cada ciclo la transmisión de un bit, se asignan dos bits a ser transmitidos por cada ciclo, entonces la misma velocidad de transmisión de 160 kbit/s podrá ser soportada para un ancho de banda de 80 kHz (80 kbaud) en vez de 160 kHz.

NIVEL 2B1Q PREVIO	PALABRA BINARIA	NIVEL 2B1Q PRESENTE
-1 o -3	00	+1
	01	+3
	10	-1
	11	-3
+1 o +3	00	-1
	01	-3
	10	+1
	11	+3

Tabla de código diferencial 2B1Q

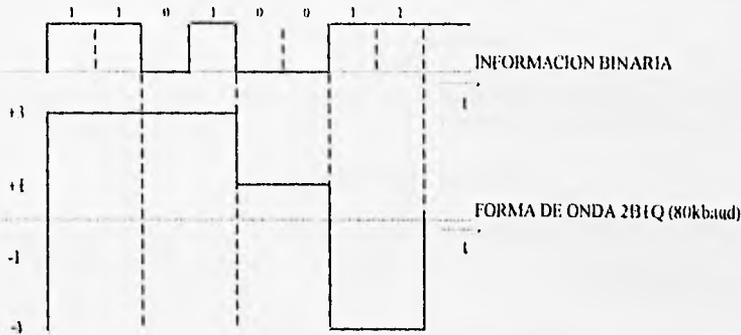


Figura 2.19.a Código de Línea 2B1Q.

El código de línea 2B1Q es un código de símbolo diferencial, es decir, aún y cuando los hilos del par trenzado sean invertidos (invirtiendo por tanto su polaridad), los datos binarios decodificados conservarán la polaridad correcta.

## 2.6 ANALISIS DEL CANAL DE COMUNICACION

### 2.6.1 INFORMACION Y CAPACIDAD DE CANAL

La característica principal que debe poseer una señal para contener información debe ser su cambio impredecible en el tiempo, la transmisión de información está relacionada con las señales que se modifican en el tiempo y cuyo cambio es además impredecible.

La cantidad de información que puede ser transmitida está limitada, las limitantes del contenido de información se presentan debido a la naturaleza de los sistemas físicos dado que no es posible conseguir un aumento indefinido de la velocidad de cambio de una señal en el tiempo, además la totalidad de los sistemas de comunicaciones provocan variaciones o fluctuaciones inherentes al nivel de amplitud de la señal

Estas limitantes en el tiempo y en amplitud establecen las condiciones restrictivas para la cantidad de información que puede ser transmitida durante un intervalo de tiempo  $T$  y una amplitud  $A$  máxima permitidos. Considerando la necesidad de variabilidad de una señal para contener información, es necesario establecer un tiempo mínimo permitido  $\tau$  para que se presente la variación, un intervalo  $\Delta A$  detectable de amplitud y derivado de este intervalo, el número  $n$  de intervalos que multiplicado por  $\Delta A$  deberá ser igual a  $A$ .

Es posible, entonces, considerar como cantidad de información transmitida en  $T$  segundos al número de combinaciones diferentes y distinguibles de amplitudes de la señal que pueden transmitirse en ese intervalo de tiempo.

Cuantitativamente y de acuerdo a los parámetros  $n$ ,  $T$  y  $\tau$  el número de combinaciones en  $T$  segundos es

$$n^{(T/\tau)}$$

En base a las consideraciones anteriores se establece que la información es proporcional al tiempo de transmisión, como indica la siguiente expresión

$$\text{Información} \propto (T/\tau) \cdot \log n$$

El factor de proporcionalidad depende de la base del logaritmo empleado y la unidad de información es el bit, obteniendo la expresión

$$\text{Información} = (T/\tau) \cdot \log_2 n \text{ [bit]}$$

La capacidad del canal  $C$  (Capacidad de sistema) esta definida, de acuerdo a los conceptos anteriores, como la máxima velocidad de transmisión de información en bits por segundo de acuerdo con la siguiente expresión

$$C = \text{Información}/T = (1/\tau) \cdot \log_2 n \text{ [bit/seg]}$$

### TEOREMA DE SHANNON Y CAPACIDAD DE CANAL

El Teorema de Shannon está asociado a la tasa de transmisión de información sobre un canal de comunicaciones. Este teorema establece, que es posible, en principio, obtener un medio a

través del cual un sistema de comunicaciones pueda transmitir información con una probabilidad de error arbitrariamente pequeña propiciando que la tasa de información  $R$  sea menor o igual a la capacidad del canal  $C$ .

*Teorema. Dada una fuente de  $M$  mensajes considerados, donde  $M > 1$ , los cuales son información generada a la tasa  $R$  y dado un canal con capacidad de canal  $C$ . Entonces si*

$$R \leq C$$

*existe una técnica de codificación tal que la salida de la fuente puede ser transmitida sobre el canal con una probabilidad de error en los mensajes recibidos la cual puede hacerse arbitrariamente pequeña.*

La característica importante del teorema es que indica que para  $R \leq C$  puede efectuarse sin error en presencia de ruido.

Existe una contraparte asociada al teorema de Shannon que establece lo siguiente

*Teorema. Dada una fuente de  $M$  mensajes considerados, donde  $M > 1$ , los cuales son información generada a la tasa  $R$ . Entonces si*

$$R > C$$

*la probabilidad de error tiende a la unidad para cada posible conjunto de  $M$  señales transmitidas.*

Este teorema establece, que si la tasa de información  $R$  excede un valor específico de  $C$ , la probabilidad de error se incrementará, tendiendo a uno, en tanto  $M$  se incrementa

## CAPACIDAD DE UN CANAL GAUSSIANO

El teorema complementario del teorema de Shannon y que aplica para un canal en el cual el ruido es gaussiano, se denomina Teorema de Shannon-Hartley.

*Teorema. La capacidad de canal de un canal gaussiano de ancho de banda limitado es*

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \text{ [bit/seg]}$$

*donde  $B$  es el ancho de banda del canal,  $S$  la potencia de la señal y  $N$  es el ruido total dentro del ancho de banda del canal, esto es,  $N = \eta B$  donde  $\eta/2$  es la densidad de potencia espectral.*

Este teorema, aunque está restringido a un canal gaussiano, es aplicable para la generalidad de los sistemas físicos dado que son aproximadamente de comportamiento gaussiano y permite una buena aproximación para canales no gaussianos.

## 2.7 RUIDO EN SISTEMAS DIGITALES

### 2.7.1 RUIDO DE CUANTIFICACION

Al asignar a un intervalo de amplitudes de la señal muestreada un mismo valor digital, se presenta como consecuencia la generación de un nivel de error designado como *error de cuantificación*. El valor máximo de este error es la mitad de un intervalo de cuantificación. Supongase por ejemplo, que el valor de la muestra  $m_0$  es igual al valor del nivel de cuantificación, es decir,

$$m_0 = (a_i + b_i) / 2$$

y que la magnitud de la señal de error  $e(t)$  esta dada por la diferencia entre la señal muestreada  $s(t)$  y la señal cuantificada  $q(t)$  de acuerdo con la siguiente expresion

$$e(t) = s(t) - q(t)$$

entonces, en el instante de muestreo  $t_0$

$$\begin{aligned} s(t_0) &= m_{i0} \\ q(t_0) &= (a_i + b_i)/2 \end{aligned}$$

por tanto

$$\begin{aligned} e(t_0) &= m_{i0} - (a_i + b_i)/2 \\ e(t_0) &= 0 \end{aligned}$$

en este caso el valor de la señal de error para la muestra especifica es igual a cero, pero considerese ahora, que el valor de la muestra  $m_{i0}$  es igual al limite máximo del intervalo de cuantificación correspondiente de acuerdo con la siguiente expresion

$$m_{i0} = a_i,$$

entonces,

$$\begin{aligned} e(t_0) &= s(t_0) - q(t_0) \\ e(t_0) &= a_i - (a_i + b_i)/2 \\ e(t_0) &= (a_i - b_i)/2 \end{aligned}$$

donde se observa que la magnitud instantánea de la señal de error es efectivamente igual a la mitad del intervalo de cuantificación que contiene el valor de la muestra  $m_{i0}$ .

Es necesario establecer que siempre existirá un cierto valor de amplitud al cual se le asigne el valor binario máximo, este valor se denomina capacidad de carga del codificador. Así entonces, es necesario limitar la amplitud máxima de la señal analógica a cuantificar, pues si la señal excede la capacidad de carga del codificador, entonces el error de cuantificación no se limitará a la mitad del intervalo de cuantificación y podrá ser mayor aún.

El proceso de cuantificación lineal implica la siguiente consideración. El error relativo  $(\%E_r = (q(t) - m_i)/q(t))$  crece con la disminución de la amplitud de la muestra y disminuye con el crecimiento de esta. Para uniformizar y disminuir la influencia del ruido de cuantificación de tal manera que el error relativo se mantenga constante para todos los valores de amplitud de las muestras, se utiliza el procedimiento de cuantificación no lineal.

La Figura 2.19 muestra la modificación que se produce sobre la señal de error con el cambio del proceso de cuantificación lineal a no lineal. En las Figuras 2.19.b y d, la señal se muestra separada del ruido de cuantificación. De la Figura 2.19.d, se puede deducir que para la cuantificación no lineal o logaritmica, la razón entre la señal y el ruido de cuantificación medio es constante. En la gráfica de la Figura 2.19.b, se observa que al aumentar el nivel de la señal  $s(t)$  el ruido medio de cuantificación es constante y por lo tanto la razón disminuye. En la gráfica de la Figura 2.19.d, se observa que al aumentar la señal aumenta también el ruido medio de cuantificación conservandose así la razón constante.

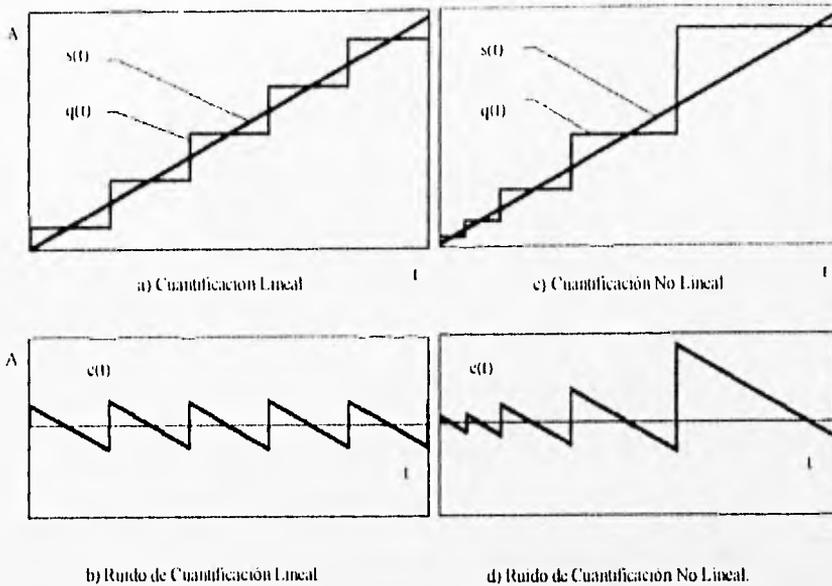


Figura 2.19 Ruido de Cuantificación.

Al método de utilizar procedimientos de cuantificación no lineales se le denomina *compansión*. El término se deriva de los dos procesos realizados tanto en la transmisión como en la recepción. El transmisor consiste en un compresor con función de transmisión no lineal situado antes de un convertidor A/D lineal de 8 bits. El receptor consiste en un convertidor D/A lineal de 8 bits y de un expansor cuya función de transmisión es opuesta a la del compresor.

## 2.7.2 RUIDO EN UN CANAL EN REPOSO

En los sistemas analógicos de modulación FDM, el ruido en un canal en reposo es producido por los componentes electrónicos de los sistemas y es adicionado al ruido total del canal. En los sistemas PCM el ruido en un canal en reposo, también es producido por los componentes electrónicos del sistema y su comportamiento con respecto al proceso de cuantificación se muestra en la Figura 2.20

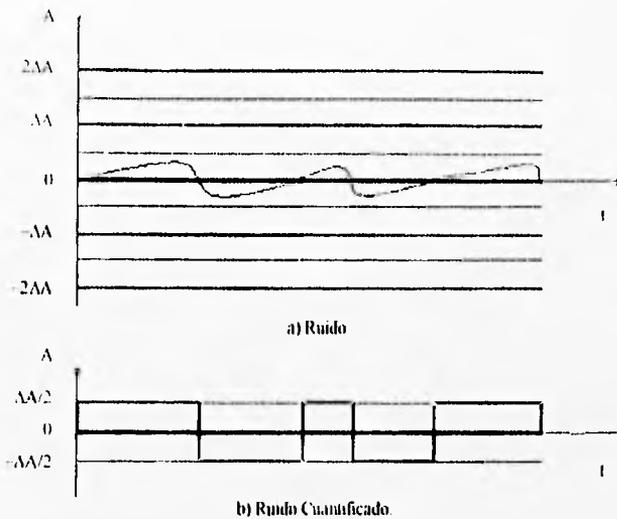


Figura 2.20 Ruido Cuantificado en un canal en reposo sin componente de CD

La Figura 2.20 a muestra una señal de ruido generado en el canal en reposo. En la Figura 2.20 b se observa el resultado de la aplicación del proceso de cuantificación a la señal de ruido. Debe hacerse notar que el ruido cuantificado obtiene una magnitud instantánea independiente y superior a la magnitud instantánea de ruido correspondiente, es decir, no importa lo pequeña que pueda ser la señal de ruido, siempre que esta exista se generará una señal cuantificada de magnitud superior. Luego entonces el proceso de conversión A/D produce una amplificación del ruido en un canal en reposo.

Dados los efectos indeseables generados por la cuantificación del ruido, el procedimiento de nulificarlos se muestra en la Figura 2.21.

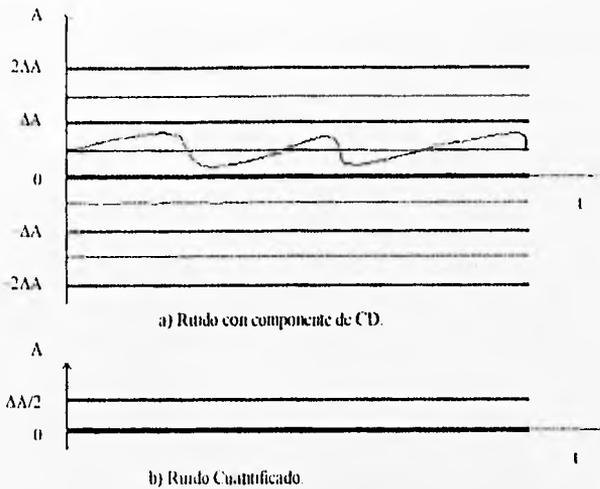


Figura 2.21 Ruido Cuantificado en un canal en reposo con componente de CD

A la señal de ruido de la Figura 2.21 a se le ha sumado una componente de CD de magnitud igual a  $(\Delta A)/2$ , el resultado de la cuantificación de esta señal se observa en la Figura 2.21 b, siendo el resultado un nivel constante de CD de magnitud  $(\Delta A)/2$ . En tanto la magnitud pico a pico de la señal de ruido no exceda la amplitud de un intervalo de cuantificación, el ruido queda totalmente nulificado.

### 2.7.3 FLUCTUACION DE FASE (JITTER)

La información binaria modulada en PCM puede ser afectada por factores externos o interferencias que dependen del medio de transmisión y de la localización geográfica y condiciones meteorológicas. Una manifestación de la distorsión en las señales digitales es la fluctuación de fase ó Jitter.

La medición de la tasa de errores no es un indicativo de la calidad total del sistema debido a que los sistemas digitales también presentan ruido e interferencias. El efecto de estos factores se manifiesta en el proceso de recuperación del reloj en las sucesivas interfaces digitales con la generación de diferencias instantáneas de fase entre la señal que ingresa a la interfaz y el reloj recuperado dando como resultado bits errados.

Cualquier señal digital presenta una cierta fluctuación de fase debido a la implementación práctica de los circuitos constitutivos del sistema. El efecto de esta fluctuación (denominada Jitter propio) puede causar la distorsión de la información cuando son excedidos los límites de aceptación del sistema debido a que la magnitud del Jitter puede incrementarse por disturbios en el medio de transmisión. En la Figura 2.22.a se muestra el diagrama ocular de una señal ternaria

Ellos de funcionamiento de una señal que sea la Figura 3.23. El comportamiento del receptor puede ser similar para cada funcionamiento de una señal.

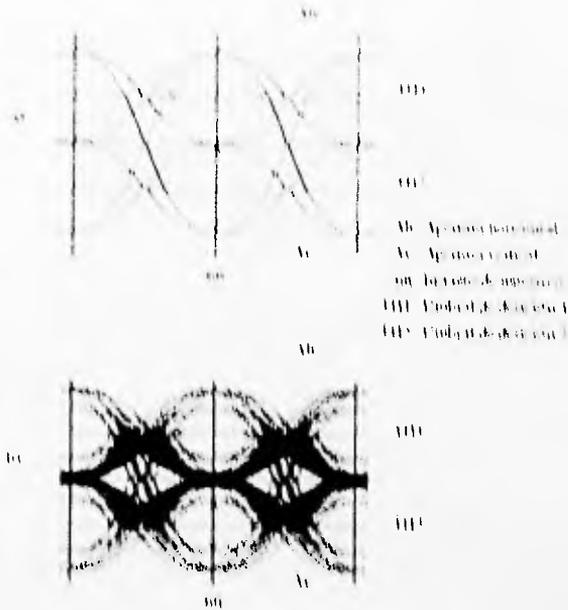


Figura 3.23 - Funcionamiento de una señal digital cuando el tipo de línea es un línea

De las comparaciones en la Figura 3.23 se observa que la presencia de  $A_{hv}$  disminuye las magnitudes de apertura horizontal  $A_h$  y apertura vertical  $A_v$  del diagrama. La distorsión de la apertura horizontal provoca una reducción del tiempo durante el cual puede realizarse el muestreo, en tanto que la distorsión de la apertura vertical produce un acortamiento de la magnitud de la señal a los niveles de ruido III en el instante de muestreo. Ambas distorsiones producen un aumento de la probabilidad de formación en errores.

### 3.2.4 DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL BIT

El bit es definido en la Recomendación CCITT 703 del CCITT como una forma-pulsada de la posición ideal en el tiempo de una señal digital. La Figura 3.24 muestra los parámetros que caracterizan y permiten cuantificar el comportamiento del bit.

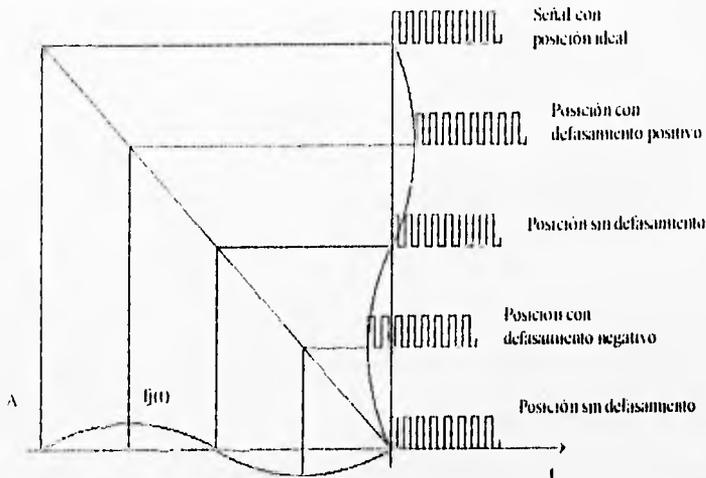


Figura 2.23 Función de Jitter  $f_j(t)$

Los parámetros a través de los cuales se especifica la función del Jitter son la amplitud y la frecuencia. La amplitud indica la magnitud de la diferencia de fase entre la fase ideal y la fase de la señal digital en un instante determinado, la frecuencia denota la velocidad de esta variación en el tiempo. La Figura 2.23 muestra una variación periódica de amplitud máxima constante y comportamiento senoidal del Jitter. En sistemas prácticos, las variaciones de amplitud y frecuencia del Jitter no presentan un comportamiento perfectamente senoidal sino más bien cambiante en el tiempo como corresponde al comportamiento del ruido.

Las unidades utilizadas para especificar los parámetros del Jitter son el Hertz para frecuencia y una unidad definida como Intervalo Unitario IU para amplitud que representa la duración de un bit, la duración de un ciclo de reloj o de  $360^\circ$  independientemente de la velocidad de dicho reloj (Figura 2.24).

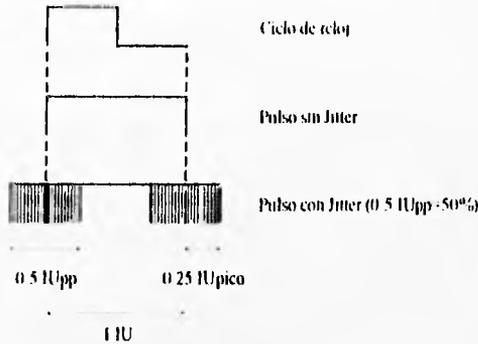


Figura 2.24 Definición de Intervalo Unitario IU

### 2.7.3.2 TIPOS DE JITTER Y CAUSAS

Se consideran tres tipos distintos de Jitter clasificados de acuerdo a las causas que los producen. Los tipos de Jitter son los siguientes.

#### 1 - JITTER PROPIO O NO SISTEMÁTICO

Es designado como *Jitter No Sistemático o aleatorio*. Algunas de las causas que lo originan son el ruido aleatorio en los componentes debido a irregularidades en los contactos y superficies de las juntas, el ruido de fase en los circuitos lógicos es debido a la incertidumbre de transición y debido a la diafonía resultante de la operación de sistemas adyacentes. Este tipo de Jitter no se acumula a lo largo de la trayectoria de transmisión y su influencia sobre la calidad de la transmisión es pequeña.

#### 2 - JITTER SISTEMÁTICO

Se designa como *Jitter dependiente de la secuencia* o *Jitter condicionado* por el sistema y constituye la magnitud principal del Jitter total. Algunas de las causas que lo producen son la interferencia intersimbólica, la cual es producto de una ecualización inadecuada o una alta susceptibilidad a las distorsiones de atenuación y de retardo. Estas distorsiones, especialmente las de retardo, propician que una parte de la energía de cada impulso afecte a pulsos adyacentes.

#### 3 - JITTER DEBIDO A LA JUSTIFICACION

Se designa también como *Jitter de relleno*. Es generado principalmente por el proceso de justificación desarrollado por los multiplexores de alto orden. Debido a las diferencias de velocidad entre las señales de las tributarias entrantes al multiplexor, este se ve obligado a efectuar la inserción de bits para compensar las diferencias de velocidades y dado que el proceso no es constante ni lineal, se produce la generación de Jitter en la señal multiplexada. Al Jitter de

relleno se suma una señal de baja frecuencia conocida como  *jitter por tiempo de espera*  el cual pasa por los circuitos de adecuación del reloj sin sufrir modificación

### 3 SISTEMAS DE SEÑALIZACIÓN R2 Y CCTT No. 7

#### 3.1 ESQUEMA DE SEÑALIZACIÓN R2

Las especificaciones del sistema de señalización R2 consideradas para su aplicación en la RDI están definidas en la Parte III, Recomendaciones Serie Q 400, del fascículo VI 4 del Libro Azul del CCTT

El esquema de señalización implementado para satisfacer el requerimiento de compatibilidad de señales entre el equipo de conmutación de usuario y la Central de conmutación RDI es del tipo R2

El esquema de señalización R2 está dividido en dos secciones

- 1 Señalización de línea, PCM-R2 (Pulse Code Modulation R2)
- 2 Señalización de registro, MFC (Multiple Frequency Code)

##### 3.1.1 SEÑALIZACIÓN DE LÍNEA (PCM-R2)

La señalización de línea está basada en el concepto de señalización por canal asociado (Channel Associated Signaling, CAS), el concepto de CAS utiliza el intervalo de tiempo 16 de 15 de las 16 tramas (excepto la trama 0) de una multitrama PCM para señalización de los 30 canales de voz

El código de 8 bits contenido en el intervalo de tiempo 16 se encuentra dividido en dos palabras de cuatro bits, los cuatro bits más significativos transportan la información de señalización de los canales 1 al 15, en tanto los cuatro bits menos significativos manejan la información de señalización de los canales del 16 al 30, de la siguiente manera, el intervalo de tiempo 16 de la trama 1 es utilizado para la señalización de los canales 1 y 16, la trama 2 para la señalización de los canales 2 y 17 y así hasta el uso de la trama 15 para la señalización de los canales 15 y 30. Las 15 tramas utilizadas son suficientes para la transmisión de la señalización de los 30 canales de información telefónica. Los cuatro bits de señalización son denotados por *a*, *b*, *c* y *d*, siendo *a* el más significativo. Los bits *abcd* proporcionan el estado de un canal.

El sistema de señalización de línea PCM-R2 utiliza solamente dos de los cuatro bits, *a* y *b*, disponibles para la señalización por canal de voz en cada uno de los dos sentidos de transmisión (FORWARD, HACIA ADELANTE y BACKWARD, HACIA ATRAS).

La descripción funcional de los bits *a* y *b* de señalización se muestra en la Tabla 3.1.

DIRECCION	bit	DESCRIPCION FUNCIONAL
FORWARD (Hacia adelante)	$a_f$	Estado de operacion del equipo de conmutacion de salida 1 Estado de desconexion 0 Estado de toma
FORWARD (Hacia adelante)	$b_f$	Estado de operacion del enlace 1 Enlace indisponible 0 Enlace disponible
BACKWARD (Hacia atras)	$a_b$	Estado de operacion de la linea de abonado 1 Estado de reposicion 0 Estado de contestacion
BACKWARD (Hacia atras)	$b_b$	Estado de operacion del equipo de conmutacion de llegada 1 Estado de toma 0 Estado libre

Tabla 3.1 Descripción funcional de los bits de señalización

Los códigos de señalización de línea se muestran en la Tabla 3.2.

NUMERO	ESTADO	FORWARD		BACKWARD	
		$a_f$	$b_f$	$a_b$	$b_b$
1	LIBRE	1	0	1	0
2	TOMA	0	0	1	0
3	ACUSE DE RECIBO DE TOMA	0	0	1	1
3a	SEÑALES DE REGISTRO MEC	0	0	1	1
4	CONTESTACION	0	0	0	1
5	REPOSICION	0	0	1	1
6a	DESCONEXION DESPUES DE 3, 5	1	0	1	1
6b	DESCONEXION DESPUES DE 4	1	0	0	1
7	RETORNO A LIBRE	1	0	1	0
8	BLOQUEO	1	0	1	1
9	DESbloQUEO	1	0	1	0

Tabla 3.2 Códigos de señalización de línea.

El estado de los bits  $c$  y  $d$  debe ser  $c = "0"$  y  $d = "1"$ .

El tiempo de identificación de una transición del estado "0" a "1" o viceversa, en un canal de señalización es de  $20 \pm 10$  ms y es el tiempo de duración de las señales que representan a los estados "0" y "1" en la salida del canal de señalización para permitir ser reconocidas por el equipo de señalización de llegada.

La identificación de un cambio de código de señalización se define de cualquiera de los dos modos siguientes

a) Identificación de una transición detectada en un canal de señalización sin ninguna transición detectada en el otro canal de señalización en el curso del periodo de identificación

b) Identificación de una transición detectada en el segundo canal de señalización durante el periodo de identificación ya en aplicación en el primer canal de señalización. En este caso solo se reconoce un cambio de código de señalización cuando han transcurrido ambos periodos de temporización

## ESTADOS Y PROCEDIMIENTOS

### LIBRE

En el estado LIBRE, el extremo saliente (de salida) envía  $a_T=1$  y  $b_T=0$ . En el extremo entrante (de llegada), esto produce el envío de los estados  $a_B=1$  y  $b_B=0$  en sentido BACKWARD, siempre que el equipo de conmutación del extremo de llegada este en reposo

### TOMA

Una TOMA solo puede presentarse cuando se identifica el código  $a_B=1$  y  $b_B=0$ , el extremo de salida cambia de  $a_T=1$  a  $a_T=0$ . El código  $a_T=0$ ,  $b_T=0$  debe mantenerse hasta que se identifica la señal de acuse de recibo de toma, de esta manera el equipo de conmutación de salida sólo podrá emitir la señal de desconexión después de identificar la señal de acuse de recibo de toma.

### ACUSE DE RECIBO DE TOMA

Una vez identificada la señal de toma, el extremo de llegada envía  $a_B=1$ ,  $b_B=1$  como acuse de recibo. Una vez enviada la señal de toma, el extremo de salida deberá inicializar un contador de tiempo para el reconocimiento de la señal de acuse de recibo de toma, el cual deberá ser de  $150 \pm 7.5$  ms.

Si el extremo de llegada no recibe la señal de acuse de recibo de toma, en este tipo de supervisión, se aplica el siguiente procedimiento:

- a) Envío hacia atrás de indicación de congestión o reintento del establecimiento de llamada
- b) Indicación de alarma
- c) Provocar la condición necesaria para evitar una nueva toma del enlace y mantener esta condición para que se identifique la señal de acuse de recibo de toma, a lo cual el extremo de salida deberá enviar la señal de desconexión para iniciar el proceso de liberación en el extremo de llegada.

### CONTESTACION

La condición de gancho conmutador descolgado de la línea del abonado llamado, hace que el extremo de llegada envíe  $a_B=0$ ,  $b_B=1$ .

La identificación de un cambio de código de señalización se define de cualquiera de los dos modos siguientes:

a) Identificación de una transición detectada en un canal de señalización sin ninguna transición detectada en el otro canal de señalización en el curso del periodo de identificación

b) Identificación de una transición detectada en el segundo canal de señalización durante el periodo de identificación ya en aplicación en el primer canal de señalización. En este caso sólo se reconoce un cambio de código de señalización cuando han transcurrido ambos periodos de temporización.

## **ESTADOS Y PROCEDIMIENTOS**

### **LIBRE**

En el estado LIBRE, el extremo saliente (de salida) envía  $a_T=1$  y  $b_T=0$ . En el extremo entrante (de llegada), esto produce el envío de los estados  $a_B=1$  y  $b_B=0$  en sentido BACKWARD, siempre que el equipo de conmutación del extremo de llegada este en reposo.

### **TOMA**

Una TOMA solo puede presentarse cuando se identifica el código  $a_B=1$  y  $b_B=0$ , el extremo de salida cambia de  $a_T=1$  a  $a_T=0$ . El código  $a_T=0$ ,  $b_T=0$  debe mantenerse hasta que se identifica la señal de acuse de recibo de toma, de esta manera el equipo de conmutación de salida sólo podrá emitir la señal de desconexión después de identificar la señal de acuse de recibo de toma.

### **ACUSE DE RECIBO DE TOMA**

Una vez identificada la señal de toma, el extremo de llegada envía  $a_B=1$ ,  $b_B=1$  como acuse de recibo. Una vez enviada la señal de toma, el extremo de salida deberá inicializar un contador de tiempo para el reconocimiento de la señal de acuse de recibo de toma, el cual deberá ser de  $150 \pm 7.5$  ms.

Si el extremo de llegada no recibe la señal de acuse de recibo de toma, en este tipo de supervisión, se aplica el siguiente procedimiento:

- a) Envío hacia atrás de indicación de congestión o reintento del establecimiento de llamada.
- b) Indicación de alarma.
- c) Provocar la condición necesaria para evitar una nueva toma del enlace y mantener esta condición para que se identifique la señal de acuse de recibo de toma, a lo cual el extremo de salida deberá enviar la señal de desconexión para iniciar el proceso de liberación en el extremo de llegada.

### **CONTESTACION**

La condición de gancho conmutador descolgado de la línea del abonado llamado, hace que el extremo de llegada envíe  $a_B=0$ ,  $b_B=1$ .

## REPOSICION

La condición de gancho conmutador colgado de la línea del abonado llamado, hace que el extremo de llegada envíe  $a_b=1$ ,  $b_b=1$

## DESCONEXION

La condición de liberación de la línea del abonado que llama o la liberación del equipo de conmutación de salida, produce normalmente el envío de  $a_b=1$ ,  $b_b=0$ . El equipo de conmutación de salida no pasará al estado de libre hasta el reconocimiento del código  $a_b=1$ ,  $b_b=0$

## RETORNO A LIBRE

La identificación de la señal de desconexión en extremo de llegada, tiene por efecto la liberación del enlace, incluso aún que se haya producido contestación o reposición por parte del abonado llamado. Una vez liberado completamente el equipo de conmutación de llegada, se establece el código  $a_b=1$ ,  $b_b=0$ , con lo cual el extremo de salida pasará a estar disponible para otra comunicación.

## BLOQUEO Y DESBLOQUEO

El bloqueo de un enlace en estado de libre para las nuevas llamadas que puedan introducirse en el extremo de salida, debe tener lugar tan pronto se identifique  $a_b=1$ ,  $b_b=1$ . La identificación de  $a_b=1$ ,  $b_b=0$  establece al enlace al estado de libre.

### 3.1.2 SEÑALIZACION DE REGISTRO (MFC)

La información para efectuar el enrutamiento de una llamada es transmitida a través de la señalización de registro. Las señales de registro son también designadas como señales de código de multifrecuencia (MFC). Las señales de registro se intercambian entre el emisor de código del extremo saliente y el receptor de código del extremo entrante, en base a un código generado por la combinación de dos frecuencias entre seis posibles, el cual se efectúa bajo el principio de secuencia obligada, en donde el extremo saliente tiene que recibir la señal de acuse de recibo de la señal que está enviando, para poder emitir la siguiente señal.

El desarrollo de un ciclo de secuencia obligada se muestra en la Figura 3.1.

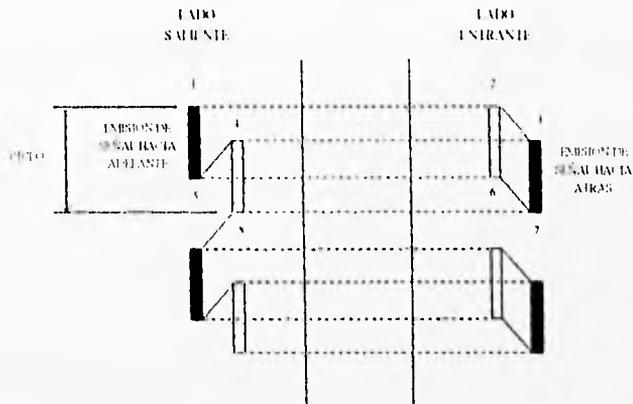


Figura 3.1 Principio de secuencia obligada.

La siguiente es una descripción del principio de secuencia obligada mostrado en la Figura 3.1.

- 1 El emisor de código inicia la emisión de una señal MFC continua hacia adelante.
- 2 El receptor de código reconoce ambas frecuencias de la señal MFC hacia adelante.
- 3 El receptor de código inicia la emisión de una señal MFC continua hacia atrás.
- 4 El emisor de código reconoce ambas frecuencias de la señal MFC hacia atrás.
- 5 El emisor de código interrumpe el envío de una señal MFC hacia adelante.
- 6 El receptor de código reconoce que se ha interrumpido la señal MFC hacia adelante.
- 7 El receptor de código interrumpe el envío de la señal MFC hacia atrás.
- 8 El emisor de código reconoce que se ha interrumpido la señal MFC hacia atrás, quedando en estado de inicializar nuevamente el ciclo.

El periodo  $T$  del ciclo de secuencia obligada deberá tener una duración de  $200 < T < 300$  ms lo que permite una velocidad de señalización de 3 a 5 ciclos por segundo.

El sistema de códigos de multifrecuencia MFC permite obtener 15 señales hacia adelante y 15 señales hacia atrás, mediante la utilización de dos grupos de frecuencias, cada uno con una combinación de dos frecuencias entre seis posibles de acuerdo con la Tabla 3.3.

SEÑALES HACIA ADELANTE	1380*	1500*	1620*	1740*	1860*	1980*
SEÑALES HACIA ATRAS	1140*	1020*	900*	780*	660*	540*
1	✓	✓				
2	✓		✓			
3		✓	✓			
4	✓			✓		
5		✓		✓		
6			✓	✓		
7	✓				✓	
8		✓			✓	
9			✓		✓	
10				✓	✓	
11	✓					✓
12		✓				✓
13			✓			✓
14				✓		✓
15					✓	✓

\* [Hz]

Tabla 3.3 Frecuencias de códigos de multifrecuencia MFC.

Las señales MFC también son designadas como señales de avance y señales de mando.

Las señales de avance están conformadas por el grupo de frecuencias de señales hacia adelante

Las señales de mando están conformadas por el grupo de frecuencias de señales hacia atrás.

Tanto las señales de avance como las señales de mando tienen significados primarios y secundarios como se indica en la Tabla 3.4.

SEÑAL DE AVANCE	SIGNIFICADO	USO
I	Primario	Información de destino
II	Secundario	Categoría de origen

SEÑAL DE MANDO	SIGNIFICADO	USO
A	Primario	Solicitud de información de destino
B	Secundario	Estado de línea

Tabla 3.4 Significado primario y secundario de las señales de avance y de mando.

## SEÑAL DE AVANCE I

### INFORMACION DE DESTINO

La señal de avance I se utiliza para transmitir la información de destino (número del abonado B), necesaria para establecer la conexión. La señalización MFC debe comenzar siempre con una señal de avance I de significado primario.

La Tabla 3.5 muestra el significado y utilización de las señales de avance I MFC.

SEÑAL	SIGNIFICADO	UTILIZACION
1	a) Dígito 1	Dígitos del número del abonado llamado, se utilizan para transmitir la información necesaria para establecer la conexión. Cuando se envía como primer dígito, estas señales representan el primer dígito del número local llamado
2	a) Dígito 2	
3	a) Dígito 3	
4	a) Dígito 4	
5	a) Dígito 5	
6	a) Dígito 6	
7	a) Dígito 7	
8	a) Dígito 8	
9	a) Dígito 9	Mismas características de los dígitos 1 a 8, excepto como primer dígito.
	b) Acceso al sistema interurbano	Como primer dígito proporciona acceso al sistema interurbano
10	a) Dígito 0	Mismas características de los dígitos 1 a 8, excepto como primer dígito
	b) Acceso al servicio especial	Como primer dígito proporciona acceso al servicio especial seguido por un dígito $x$ ( $x = [D - 1]$ ), indicador del tipo de servicio.
11 - 15	a) Reserva	Reserva

Tabla 3.5 Significado y utilización de las señales de avance I MFC

## SEÑAL DE AVANCE II

### CATEGORIA DE LLAMADA (EXTRADIGITO)

La señal de avance II es utilizada en llamadas urbanas e interurbanas para indicar a la central el tratamiento que debe recibir la llamada. Esta señal es enviada como respuesta a la señal A3 (Tabla 3.7). La Tabla 3.6 muestra el significado y utilización de las señales de avance II MFC.

SEÑAL	SIGNIFICADO	UTILIZACION
1	Reserva	Reserva
2	a) Abonado normal	Abonado normal sin posibilidad de ofrecimiento si el abonado llamado se encuentra ocupado y acceso a todos los servicios excepto los de operador
3 - 15	a) Reserva	Reserva

Tabla 3.6 Significado y utilización de las señales de avance II MFC

## SEÑAL DE MANDO A

### PETICION DE INFORMACION DE DESTINO

La señal de mando A es utilizada para solicitar la información de destino necesaria para establecer la conexión y como señal de acuse de recibo de las señales de avance I.

La Tabla 3.7 muestra el significado y utilización de las señales de mando A MFC.

SEÑAL	SIGNIFICADO	UTILIZACION
1	a) Requerimiento de envío de señal del grupo I Próximo dígito	Reconocimiento de cualquier señal del grupo I y solicitud del próximo dígito de la identidad del abonado llamado.
2	a) Requerimiento de envío de señal del grupo I Primer dígito	Reconocimiento de cualquier señal del grupo I y solicitud del primer dígito de la identidad del abonado llamado.
3	a) Requerimiento de envío de señal del grupo II y cambio a recepción del grupo B	Reconocimiento de la recepción del último dígito del abonado llamado, solicitud de la categoría de llamada del abonado que llama y cambio para recepción de señales del grupo B.
4	a) Congestión	Reconocimiento de cualquier señal del grupo I e indicación de: i) Congestión de pasos de selección. ii) Congestión de circuitos. iii) Desconexión por temporización. iv) Detección de fallas. En todos los casos, la señal A4 genera: i) Envío del tono de ocupado, congestión o un mensaje grabado al abonado que llama si la condición de habla se ha establecido en la dirección de mando. ii) Desconexión de la cadena de circuitos hacia adelante.
5 - 15	a) Reserva	Reserva

Tabla 3.7. Significado y utilización de las señales de mando A MFC.

## SEÑAL DE MANDO B

### ESTADO DE LINEA

La señal de mando B es utilizada para indicar al equipo de conmutación de origen, el estado de la línea del abonado llamado, además es utilizada como señal de acuse de recibo de las señales de avance H.

La Tabla 3.8 muestra el significado y utilización de las señales de mando B MFC.

SEÑAL	SIGNIFICADO	UTILIZACION
1	a) Estado de abonado libre con susación.	Todo registro de salida que reciba la señal B1 debe establecer condiciones de tabla para que el abonado que llama pueda escuchar el tono de llamada.
2	a) Estado de abonado ocupado	Todo registro de salida que reciba la señal B2 debe ocasionar la liberación de la cadena de circuitos hacia adelante y si la condición de tabla se ha establecido, ocasionar entonces el envío del tono de ocupado al abonado que llama.
1	a) Reserva	Reserva
1	a) Bloqueo	Todo registro de salida que reciba la señal B4 debe ocasionar la liberación de la cadena de circuitos hacia adelante y el envío del tono de ocupado al abonado que llama. Generalmente la señal B4 se envía como reconocimiento de las señales del grupo H dadas las condiciones: i) El abonado llamado se encuentra en estado de bloqueo. ii) El abonado llamado se encuentra en proceso de reposición o reanatación.
5 - 15	a) Reserva	Reserva

Tabla 3.8 Significado y utilización de las señales de mando B MFC.

### CASOS DE TRAFICO

Los siguientes son los casos de tráfico generados por la conexión digital entre usuario y red RDI

#### TRAFICO DE RDI HACIA USUARIO

El intercambio de información de red hacia usuario se muestra en la Figura 3.2.

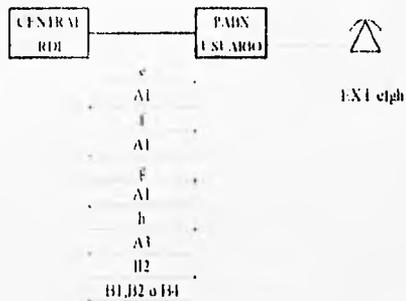


Figura 3.2 Tráfico de RDI hacia usuario

Los dígitos *e*, *f*, *g* y *h* corresponden a los últimos cuatro dígitos del número nacional del abonado. La Central RDI es capaz de enviar los últimos 3 o 5 dígitos según sea requerido.

#### TRAFICO DE USUARIO HACIA RDI

La Figura 3.3 muestra el intercambio de información de usuario hacia red, los dígitos *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* y *h* representan el número del abonado llamado. La Central RDI tiene la capacidad de recibir 2, 5 o más dígitos según sea el tipo de llamada.



Figura 3.3 Tráfico de usuario hacia RDI

Dado que las características de construcción y diseño de las Centrales de conmutación, en cuanto a módulos y equipo de manejo de señalización se refiere, pueden diferir o considerarse

especificaciones adicionales, la aplicación del esquema de señalización R2 para México y las adiciones o variaciones que maneja la Central AXE son consideradas en la Sección 9.1.3

### 3.2 CONCEPTOS DE SEÑALIZACIÓN CCITT No. 7 (TELMEX SCC7)

La señalización por canal común adoptado por la RDSI se basa en el sistema definido inicialmente por el CCITT para las redes digitales integradas y designado Sistema de Señalización Común CCITT No. 7 y es objeto de las Recomendaciones de la Serie Q.700.

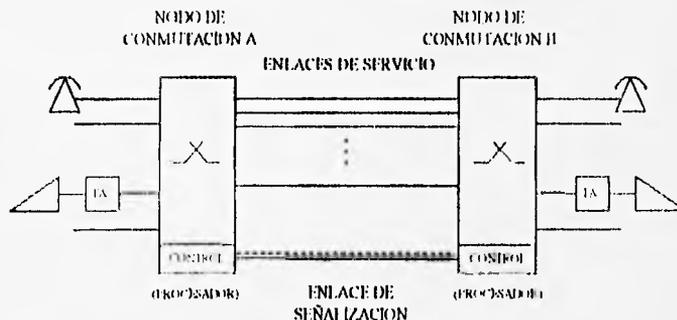
El plan fundamental de señalización CCITT No. 7 establece un sistema de señalización apropiado para funcionar en una RDSI con el objeto de proporcionar un medio confiable de transporte de información de señalización en secuencia correcta, sin pérdida ni duplicación.

#### 3.2.1 TERMINOLOGIA

##### 3.2.1.1 SEÑALIZACIÓN POR CANAL COMÚN (SCC)

La Señalización por Canal Común es un método de señalización usado entre sistemas de telecomunicaciones controlados por computadora. Esencialmente, la técnica de señalización por canal común utiliza un canal dedicado para transportar, mediante mensajes etiquetados, información de señalización relacionada con la operación, mantenimiento y administración de la red de telecomunicaciones.

Esta señalización permite el intercambio de información entre las partes de control de los nodos de conmutación (Figura 3.4) y el intercambio de información extremo a extremo entre usuarios RTPC y RDSI.



TA Adaptador de Terminal (Terminal Adaptor)

Figura 3.4 Señalización por Canal Común.

El Enlace de Señalización acarrea toda la información necesaria para el establecimiento de las llamadas entre los nodos de conmutación. Los dos procesadores están en comunicación directa a través del enlace de señalización.

El CCITT ha recomendado dos sistemas de señalización estandarizados diferentes para señalización por canal común. Uno de ellos, el CCITT No. 6, fue especificado desde 1968 y fue primeramente concebido para tráfico internacional. CCITT No. 6 puede ser utilizado solamente en redes de baja velocidad de transmisión (redes analógicas 2.4 kbit/s, redes digitales 4 kbit/s)

El otro sistema, CCITT No. 7, fue especificado en 1979-80 y está dirigido básicamente a redes digitales para velocidades de transmisión de 64 kbit/s. CCITT No. 7 puede ser también utilizado para conexiones analógicas.

CCITT No. 7 permite la señalización entre Centrales en redes digitales, entre Central y Centros de Operación y Mantenimiento, y entre Central y PABXs. CCITT No. 7 puede ser también usada en RDSI para tráfico de telefonía y datos.

### **3.2.1.2 RED DE SEÑALIZACIÓN CCITT No. 7**

La red de señalización está compuesta por un conjunto de nodos de conmutación y proceso, interconectados por enlaces de transmisión con el objeto de soportar el sistema de Señalización por Canal Común CCITT No. 7 (SCC7). El comportamiento de la Red es el de una Red Especializada de comunicación de datos.

### **3.2.1.3 MENSAJE DE SEÑALIZACIÓN**

Un mensaje de señalización es un arreglo de información relativo a la señalización de una llamada, transacción, gestión de operación, explotación y mantenimiento, etc., que es transferido como una entidad dentro de la Red SCC7. La longitud del mensaje se compone de un número entero de octetos.

### **3.2.1.4 ESTRUCTURA DEL SISTEMA SCC7**

La descripción del sistema SCC7 se efectúa en base a la especificación de las funciones del sistema y sus componentes considerando los dos aspectos siguientes:

- a) NIVELES FUNCIONALES
- b) PROTOCOLOS DE COMUNICACION

#### **NIVELES FUNCIONALES**

El sistema SCC7 considera la agrupación de los niveles funcionales en dos partes

i) PARTE DE TRANSFERENCIA DE MENSAJES (PTM) que comprende los niveles funcionales 1, 2 y 3 del SCC7.

ii) PARTES DE USUARIO separadas para diferentes aplicaciones y constituyen elementos paralelos en el nivel funcional 4 del SCC7.

Las relaciones funcionales entre las partes PU y PTM se esquematizan en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Relación funcional PU-PTM-PU

Las PUs utilizan la capacidad básica de transporte de la PTM para establecer comunicación con cualquier otra PU. Los niveles funcionales se muestran en la Figura 3.6 en tanto que la estructura del sistema SCC7 se muestra en la Figura 3.7.

SUBSISTEMA	NIVEL FUNCIONAL	PUNTO DE SEÑALIZACIÓN	
		ORIGEN	DESTINO
PU	4 PARTE DE USUARIO	4	4
PTM	3 FUNCIONES DE LA RED SCC7	3	3
	2 FUNCIONES DE LA TERMINAL DE ENLACE DE SEÑALIZACIÓN	2	2
	1 FUNCIONES DEL ENLACE DE DATOS DE SEÑALIZACIÓN	1	1

ENLACE FÍSICO

ENLACE VIRTUAL

Figura 3.6 Niveles funcionales de SCC7.

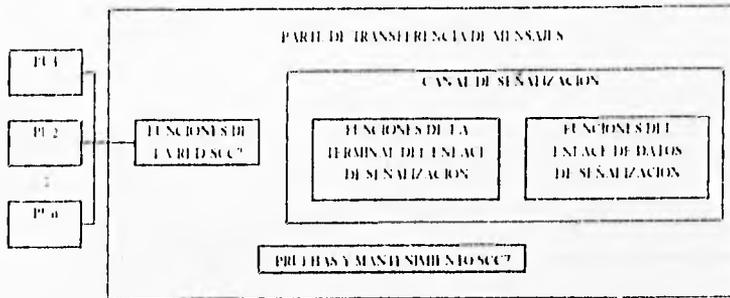


Figura 37 Estructura del SCC7

## PROTOCOLO DE COMUNICACION

Se refiere al conjunto de convenciones que regulan la transferencia de información entre funciones localizadas en los mismos niveles funcionales de la red SCC7. Las siguientes son las características básicas de los niveles funcionales que integran al protocolo de comunicaciones asociado a dichos niveles funcionales

### i) NIVEL 1. FUNCIONES DEL ENLACE DE DATOS DE SEÑALIZACIÓN

Definición de las características físicas, eléctricas y funcionales asociadas a un enlace de datos así como los medios para accederlo

### ii) NIVEL 2. FUNCIONES DE LA TERMINAL DEL ENLACE DE SEÑALIZACIÓN

Definición de las funciones y procedimientos para la transferencia confiable por un determinado enlace de datos de señalización. La realización de este nivel se denomina terminal de señalización

### iii) NIVEL 3. FUNCIONES DE LA RED SCC7

Definición de las funciones y procedimientos para la transferencia de mensajes a través de la red SCC7. Las funciones se dividen en dos grupos

1. MANEJO DE MENSAJES DE SEÑALIZACIÓN. Se refiere a la discriminación, distribución y enrutamiento de los mensajes hacia el enlace de señalización o hacia la PU que corresponda.

2. GESTION DE RED SCC7. Se refiere al monitoreo del estado de las facilidades de la red SCC7 y ejecución de los procedimientos adecuados para el reenrutamiento de mensajes y/o reconfiguración de la red.

### iv) NIVEL 4. PARTE DE USUARIO

Definición de las funciones y procedimientos específicos para la aplicación de una PU determinada. Utiliza la capacidad de transporte de la PTM.

### 3.2.1.5 PUNTO DE SEÑALIZACION (PS)

Corresponde al nodo que tiene la capacidad para señalar por canal común. Esta capacidad puede estar incluida en un nodo de conmutación de la RTPC o en un equipo dedicado a SCC7. Se consideran tres tipos de PSs

#### i) PUNTO DE SEÑALIZACION TERMINAL (PSX)

Corresponde al punto de generación (Punto de Señalización Origen, PSO) o recepción (Punto de Señalización Destino, PSD) de un mensaje. Comprende los cuatro niveles funcionales del SCC7 (Figura 3.8)

#### ii) PUNTO DE SEÑALIZACION DE TRANSFERENCIA (PST)

Corresponde al punto de señalización que efectúa la transferencia de un mensaje a otro PS de transferencia o destino. Comprende únicamente los niveles 1, 2 y 3 del SCC7 (Figura 3.8)

#### iii) PUNTO DE SEÑALIZACION COMBINADO (PSC)

Corresponde al Punto de Señalización con la capacidad de desarrollar las funciones de generación, recepción y transferencia de un mensaje. Comprende los cuatro niveles funcionales del SCC7 (Figura 3.8).

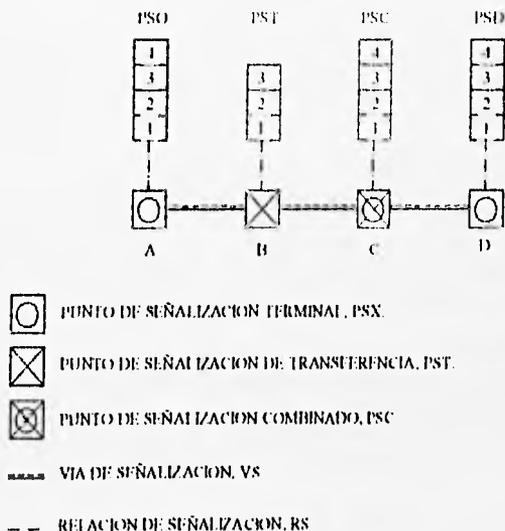


Figura 3.8 Puntos de Señalización.

### 3.2.1.6 CODIGO DE PS (CP)

Corresponde al código binario que identifica a un PS específico en la Red SCC7. El CP es utilizado como código del punto de destino (CPD) o código del punto de origen (CPO).

### **3.2.1.7 ENLACE DE SEÑALIZACION (ES)**

Corresponde al enlace bidireccional utilizado para el transporte de mensajes de señalización entre PSs. Incluye medios de transmisión y procedimientos para detección y corrección de errores (funciones de los niveles 1 y 2). La correspondencia entre los niveles 1 y 2 puede ser fija (dedicada) o dinámica (conmutada).

### **3.2.1.8 VIA DE SEÑALIZACION (VS)**

Constituye un canal o conjunto de canales de señalización que conectan directamente dos PSs (punto a punto). Los canales constitutivos de una VS deben tener las mismas características de velocidad y poseen un nivel de prioridad dependiente de tráfico a manejar.

### **3.2.1.9 RUTA DE SEÑALIZACION**

Constituye una trayectoria predeterminada y definida por un conjunto de VSs y PSs requeridos para el transporte de mensajes correspondientes a un PSO y un PSD (extremo a extremo).

### **3.2.1.10 CONJUNTO DE RUTAS DE SEÑALIZACION**

Constituye un agrupamiento de trayectorias predeterminadas entre un PSO y un PSD. Las trayectorias son identificadas como una ruta primaria (alto uso) y las restantes rutas alternas.

### **3.2.1.11 RELACION DE SEÑALIZACION**

Representa la relación entre un PSO y un PSD que involucra la necesidad de intercambio de información entre sus correspondientes PUs a través de una Ruta de Señalización.

### **3.2.1.12 MODO DE SEÑALIZACION**

Corresponde a la asociación entre la ruta tomada por un mensaje de señalización y la relación de señalización correspondiente al mensaje de señalización. Dado que la señalización por canal común se puede realizar por las mismas o diferentes rutas que los circuitos de conversación, se consideran los tres modos de señalización siguientes:

#### **MODO ASOCIADO**

En modo asociado, los mensajes correspondientes a una relación de señalización entre un PSO y un PSD interconectados directamente (adyacentes) son transportados por una VS directa entre los PSs (Figura 3.9.a)

### MODO NO ASOCIADO

En modo no asociado, los mensajes correspondientes a una relación de señalización son transportados a través de dos o más grupos de VSs y PSs distintos a los PSO y PSD, secuenciados aleatoriamente.

### MODO CUASIASOCIADO

En modo cuasiasociado (caso particular del modo no asociado), la ruta de señalización que toma el mensaje a través de la red de señalización está predeterminada y virtualmente fija (Figura 3.9)

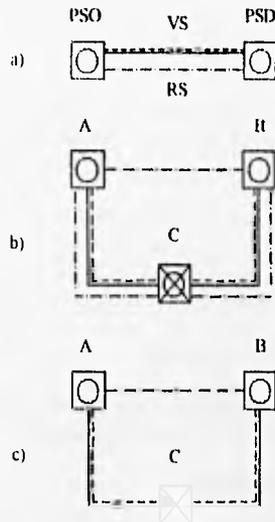


Figura 3.9 Modos de Señalización. a) Modo Asociado, b) Modo Cuasiasociado (A-B) y Modo Asociado (A-C) y (C-B), c) Modo Cuasiasociado.

#### 3.2.1.13 UNIDAD DE SEÑALIZACION (US)

Corresponde a un arreglo binario de longitud variable que es utilizado para el transporte de información entre PSs e información para el control de la transferencia por el enlace de señalización que interconecta a los dos PSs asociados. Este arreglo se transfiere como una entidad en la red SCC7 a través de enlaces bidireccionales.

Se consideran tres formatos de la unidad de señalización

i) UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN DE MENSAJES, USM

Corresponde a la Unidad de Señalización que contiene mensajes de señalización. La USM es retransmitida en caso de recepción con error.

BANDERA	DIST. DE CONTROL DE ERRORES	CAMBIO DE PERMANENCIA DE SEÑALIZACIÓN	CAMBIO DE PERMANENCIA DE SERVICIO	INDICADOR DE LONGITUD	BIT INDICADOR DIRECCIONAL	NUMERO SECUENCIAL DIRECCIONAL	BIT INDICADOR INVERSO	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BANDERA
OHHHH									OHHHH
BAN	BCL	CE	CS	IL	IBD	NSD	BI	NSI	BAN
8	16	1   8, 1   2	8	7	6	7	1	7	8

Figura 3.10 Formato de USM.

ii) UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN DE ESTADO DE ENLACE, USE

Corresponde a la Unidad de Señalización que contiene información sobre el estado del enlace de señalización utilizado en la transmisión. La USE no es retransmitida en caso de recepción con error.

BANDERA	DIST. DE CONTROL DE ERRORES	CAMBIO DE ESTADO	INDICADOR DE LONGITUD	BIT INDICADOR DIRECCIONAL	NUMERO SECUENCIAL DIRECCIONAL	BIT INDICADOR INVERSO	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BANDERA
OHHHH								OHHHH
BAN	BCL	CE	IL	IBD	NSD	BI	NSI	BAN
8	16	8   6	7	6	7	1	7	8

Figura 3.11 Formato de USE.

iii) UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN DE RELLENO, USR

Corresponde a la Unidad de Señalización que contiene únicamente información de protección contra errores y delimitación. Su transmisión se efectúa en caso de ausencia de USMs o USEs a transmitir. La USR no es retransmitida en caso de recepción con error.

BANDERA	BIT INDICADOR	INDICADOR DE LONGITUD	NUMERO SECUENCIAL DIRECTO	BIT	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BIT	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BANDERA
01111110	001	11	000	001	111	011	000	01111110
4	16	2	8	1	7	1	7	8

Figura 3.12 Formato de USR

### 3.2.1.14 BANDERA (BAN)

Corresponde a un código binario de ocho bits con configuración 01111110 que indica el inicio o finalización de una Unidad de Señalización

### 3.2.1.15 NUMERO SECUENCIAL (NS)

Corresponde a un código binario de siete bits (0 a 127) que permite numerar las Unidades de Señalización. Se consideran dos tipos de NS

- i) **NUMERO SECUENCIAL DIRECTO, NSD**  
Establece la numeración ordenada de las unidades de señalización transmitidas hacia adelante.
- ii) **NUMERO SECUENCIAL INVERSO, NSI**  
Establece la numeración ordenada de las unidades de señalización transmitidas como acuse de recibo o hacia atrás

### 3.2.1.16 BIT INDICADOR (BI)

Corresponde al bit que conjuntamente con el número secuencial permite el control de errores para efectuar funciones de control de secuencia de las USS y funciones de acuse de recibo. Se consideran dos tipos de BI

- i) **Bit Indicador Directo (hacia adelante), BID.**
- ii) **Bit Indicador Inverso (hacia atrás), BIH.**

### 3.2.1.17 INDICADOR DE LONGITUD (IL)

Corresponde a un código binario de seis bits (0 a 63) que indica el número de octetos que preceden y anteceden a los bits de control de errores y permite identificar el formato de las USS de acuerdo a las siguientes consideraciones

- i) **IL=0,** corresponde a una Unidad de Señalización de Relleno (USR).

BANDERA	BIT INDICADOR	BIT INDICADOR	BIT INDICADOR	NUMERO SECUENCIAL	BIT INDICADOR	NUMERO SECUENCIAL	BANDERA
0111110	BI	BI	BI	NS	BI	NS	0111110
BAN	BI	BI	BI	NSD	BI	NSI	BAN
8	16	2	8	1	1	7	8

Figura 3.12 Formato de USR

### 3.2.1.14 BANDERA (BAN)

Corresponde a un código binario de ocho bits con configuración 01111110 que indica el inicio o finalización de una Unidad de Señalización

### 3.2.1.15 NUMERO SECUENCIAL (NS)

Corresponde a un código binario de siete bits (0 a 127) que permite numerar las Unidades de Señalización. Se consideran dos tipos de NS

- i) NUMERO SECUENCIAL DIRECTO, NSD  
Establece la numeración ordenada de las unidades de señalización transmitidas hacia adelante.
- ii) NUMERO SECUENCIAL INVERSO, NSI  
Establece la numeración ordenada de las unidades de señalización transmitidas como acuse de recibo o hacia atrás.

### 3.2.1.16 BIT INDICADOR (BI)

Corresponde al bit que conjuntamente con el número secuencial permite el control de errores para efectuar funciones de control de secuencia de las USs y funciones de acuse de recibo. Se consideran dos tipos de BI

- i) Bit Indicador Directo (hacia adelante), BID
- ii) Bit Indicador Inverso (hacia atrás), BII

### 3.2.1.17 INDICADOR DE LONGITUD (IL)

Corresponde a un código binario de seis bits (0 a 63) que indica el número de octetos que preceden y anteceden a los bits de control de errores y permite identificar el formato de las USs de acuerdo a las siguientes consideraciones

- i) IL=0, corresponde a una Unidad de Señalización de Relleno (USR)

- ii) IL-1,2, corresponde a una Unidad de Señalización de Estado de Enlace (USE)
- iii) IL-2, corresponde a una Unidad de Señalización de Mensaje (USM)
- iv) IL-63, corresponde a una USM con un campo de información mayor a 62 octetos

### **3.2.1.18 BITS DE CONTROL DE ERRORES (BCE)**

Corresponde a un conjunto de 16 bits contenidos en cada US para fines de detección de errores

### **3.2.1.19 OCTETO DE INFORMACION DE SERVICIO (OIS)**

Permite la asociación de la identificación de señalización con una determinada PU, solo se encuentra contenida en la USM. El OIS está dividido en dos secciones:

- i) Indicador de Servicio (Tipo de PU).
- ii) Campo de Subservicio (Incluye el Indicador de Red Nacional/Internacional)

### **3.2.1.20 CAMPO DE INFORMACION DE SEÑALIZACION (CIS)**

Constituido por un número entero de octetos entre 2 y 272, contiene información relevante para cada PU. El CIS está contenido solo en la USM.

### **3.2.1.21 CAMPO DE ESTADO (CE)**

Permite el manejo de las siguientes indicaciones de estado del enlace de señalización

- a) Fuera de Alineación (FA)
- b) Alineación Normal (N)
- c) Alineación de Emergencia (E)
- d) Fuera de Servicio (FS)
- e) Procesador Fuera de Servicio (PF)
- f) Ocupado (O)

### **3.2.1.22 TIEMPO DE TRANSFERENCIA (T<sub>0</sub>)**

Constituye el tiempo total requerido para la transferencia de un mensaje desde la PU en el PSO hasta la PU en el PSD considerando:

- i) tiempos de tratamiento en los PSs (PSO, PSTs y PSD)
- ii) tiempos de espera de transmisión y retransmisión
- iii) tiempos de propagación en los enlaces de señalización.

Las características del esquema de señalización CCITT No. 7 aplicados a la red son especificados en los Capítulos 8 y 9.

### 3.3 SEÑALIZACION POR CANAL ASOCIADO (R2) VERSUS SEÑALIZACION POR CANAL COMUN (CCITT No. 7)

Las características generales que diferencian a la Señalización por Canal Común SCC de la Señalización por Canal Asociado SCA son las siguientes:

- a) Las SCC está fundamentada en la combinación de la señalización de REGISTRO y de LINEA, contrariamente, bajo el concepto de SCA, la señalización se divide en señalización de registro y de línea.
- b) La SCC no es efectuada a través de señales introducidas en la línea y removidas después de un cierto tiempo, el secuenciamiento y temporización característicos de los sistemas de señalización, son establecidos vía mensajes de señalización.
- c) En SCC no existe relación física entre la ruta tomada por la voz/datos y la ruta utilizada para la transmisión de la información de señalización.
- d) En SCC, toda la señalización es efectuada entre "Puntos de Señalización adyacentes", es decir, cada dos puntos de señalización son interconectados por un enlace físico considerando que SCC7 es un sistema de señalización punto a punto, contrariamente al concepto de señalización extremo a extremo soportada por R2.

La Tabla 3.9 muestra las ventajas y desventajas de los sistemas de Señalización por Canal Asociado (R2) y Canal Común (CCITT No. 7)

SEÑALIZACION POR CANAL COMUN	SEÑALIZACION POR CANAL ASOCIADO
a) Se requiere de HARDWARE y SOFTWARE especiales	a) No se requiere de HARDWARE y SOFTWARE especiales.
b) No se requieren registros de Envío y Recepción durante el establecimiento de una llamada.	b) Se requieren registros de Envío y Recepción durante el establecimiento de una llamada.
c) Solamente unos cuantos Canales de Señalización son necesarios entre dos Centrales	c) Cada Canal PCM requiere de un Canal de Señalización Asociado.
d) Mayor rapidez de señalización (en el orden de ns)	d) Menor rapidez de señalización (en el orden de s).
e) El sistema puede ser utilizado para transportar diversos tipos de información (Mantenimiento, Facturación, Transacciones, Etc.)	e) Limitado al transporte de información de señalización.
f) Una falla puede tener mayor efecto sobre el servicio en la red.	f) Una falla sólo afecta al registro relacionado a la conexión PCM siendo parcial el efecto sobre el servicio de la Red.

Tabla 3.9 Señalización por Canal Común vs Señalización por Canal Asociado.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

#### 4 MEDIOS DE TRANSMISION

Los medios de transmisión implementados en el modelo de Red Digital Integrada de TELMEX son la Fibra Óptica y el Espacio Libre. La conectividad, entonces, para los nodos de conmutación (Nodos TELCOM), de transmisión (Nodos TELMIC) y nodos de usuario se establece a través de sistemas de F.O. y sistemas de Radio Digital.

Los sistemas de F.O. para transmisión y multiplexaje operan bajo los estándares europeos CCITT CEPT de los proveedores ERICSSON, ALCATEL, AT&T-PHILIPS y NORTHERN TELECOM. Los enlaces por F.O. son utilizados para interconectar los nodos de primero y segundo nivel (TELCOM Y TELMIC) a velocidades de transmisión de 140 y 565 Mbit/s, en tanto que el acceso de los Nodos de Usuario se proporciona mediante enlaces dependientes de las necesidades de comunicación del usuario a velocidades de 2, 8, 34 y 140 Mbit/s correspondientes a primero, segundo, tercero y cuarto orden de la jerarquía CCITT CEPT respectivamente. Los sistemas ópticos son implementados en configuración protegida 1+1 con el objetivo de elevar el nivel de confiabilidad de la Red.

Los sistemas de Radio Digital son implementados para proporcionar conectividad a nodos que presentan problemas topológicos y con dificultad para el acceso por F.O. Los proveedores de sistemas de radio para la red son indicados en la Tabla 4.1 por las Bandas de Operación y Velocidades de Transmisión que utilizan.

PROVEEDOR	SISTEMA	BANDA DE OPERACION [GHz]	VELOCIDAD DE TRANSMISION [Mbit/s]
ERICSSON	15MK II	15	8
ALCATEL SEL.	DRS18700	18.7	2,8,34,140
ALCATEL SEL.	DRS11200	11.2	140
AT&T-DMC	DRM15	15	8,34
AT&T-DMC	DRM18	18.7	8,34
MINI	NET18	18.7	8,34

Tabla 4.1. Bandas de operación y velocidades de transmisión de sistemas de Radio Digital.

Para conexión entre nodos de alto nivel a través de enlaces de radio se utiliza el sistema DRS11200. Para el acceso a la Red de los Nodos de Usuario se utilizan los sistemas restantes de la Tabla 4.1 de acuerdo también a las necesidades de comunicación del usuario. Los sistemas de radio son implementados en configuración protegida 1+1 con el objetivo de elevar el nivel de confiabilidad de los sistemas de radio y por tanto de la Red.

#### 4.1 TRANSMISION POR FIBRA OPTICA

El concepto básico en la transmisión por fibra óptica se ilustra en la Figura 4.1. Una fuente de luz modulada, ya sea un dispositivo emisor de luz LED (Light-Emitting Diode) o un dispositivo

Emisor Laser, tiene su salida acoplada a una fibra utilizada para transmitir la luz al fotodetector remoto del receptor, el cual demodula la luz para proporcionar a la salida la señal deseada. La Figura 4.1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de fibra óptica

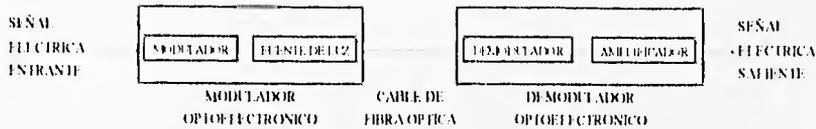


Figura 4.1 Diagrama de bloques de un sistema de fibra óptica

#### 4.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS OPTICOS

Las principales características de los sistemas ópticos son las siguientes:

- a) El medio de transmisión utilizado, la fibra óptica, consiste en un núcleo central de vidrio o plástico con un alto índice de refracción rodeado por otro medio con índice de refracción inferior (Figura 4.2)

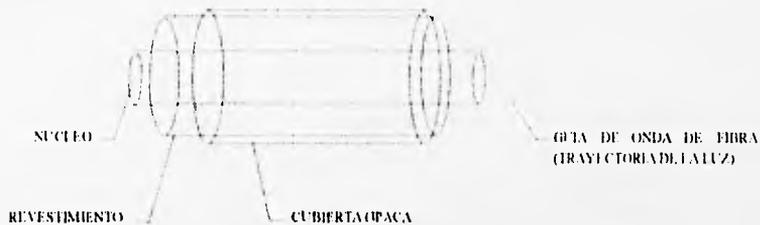


Figura 4.2 Estructura de fibra óptica

- b) Requieren de la utilización de dos fibras para el establecimiento de comunicación bidireccional (una fibra por dirección).
- c) La fibra óptica no es afectada por interferencia eléctrica, ruido, problemas energéticos, temperatura, radiación o agentes químicos.
- d) El ancho de banda de la fibra óptica es considerablemente más alto que el proporcionado por cualquier otro medio

Los sistemas de fibra óptica no presentan problemas por corto circuito, aún que sin embargo pueden presentar circuitos abiertos. El efecto de diafonía es extremadamente bajo y sus efectos pueden ser eliminados completamente con un diseño apropiado del sistema. Los problemas de ruido e interferencia electromagnética no se presentan en las secciones de fibra de los sistemas aún que tales afecciones pueden presentarse en las secciones del sistema susceptibles a tales efectos.

Referente a las características de la transmisión por fibra, existen dos factores que significan una limitante para la longitud de la distancia de transmisión en una sección de fibra sin repetidores, estos son la atenuación y la dispersión. La dispersión es importante dados los efectos limitantes sobre el ancho de banda, y sus características dependen significativamente del proceso usado en la fabricación de la fibra. El proceso VAD (Vapor-phase Axial Deposition) presenta

para una fibra multimodo el ancho de banda mas alto, con una capacidad ancho de banda-distancia de 9.7 GHz·km para  $\lambda = 1.31\mu\text{m}$ . El proceso MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) es comúnmente utilizado para producción en masa de fibras comerciales

### ATENUACION EN FIBRA OPTICA

La Figura 4.3 muestra las características de atenuación en las fibras VAD y MCVD. El pico de atenuación a  $1.4\mu\text{m}$  es debido a la banda de absorción de hidroxil (OH), 1 ppm (parte por millón) produce una atenuación de 30 a 40 dB/km a  $1.39\mu\text{m}$ .

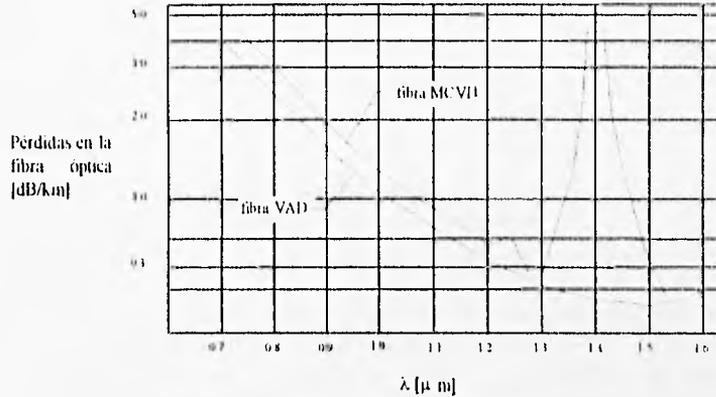


Figura 4.3 Atenuación en fibra óptica

### DISPERSION EN FIBRA OPTICA

El fenómeno de dispersión está asociado a la propagación multirrayectoria de la onda de luz en el proceso de transferencia de energía óptica a través de la fibra. Un pulso transmitido presenta un ensanchamiento debido a la naturaleza de multirrayectoria de propagación de la onda en una fibra, y puede ser de 0.3 ns/km a 10 ns/km, dependiendo del tipo de fibra. La interferencia intersimbolos resultado de la dispersión representa una gran limitante en la longitud del cable.

### TIPOS DE FIBRA

Las fibras ópticas pueden estar constituidas por materiales como vidrio o plástico. Las fibras de plástico son utilizadas para ambientes industriales y con sistemas de longitudes de salto cortas, su diámetro esta en el orden de 1 mm o superior y son utilizadas con LEDs. Las fibras de silicio con revestimiento plástico tienen generalmente un diámetro menor a  $600\mu\text{m}$  y son también utilizadas con emisores LED, debido a su gran diámetro, propician un gran número de trayectorias de propagación (superior a 1000) o modos y por tanto son utilizadas para distancias relativamente cortas.

La fibra de vidrio tiene un diámetro interno de 250 micras. Se encuentran cubiertas con fibra polidivina, poliacrilato de metilo y otros compuestos de alto peso molecular para disminuir el coeficiente de fricción.

Las fibras transparentes son de alta calidad en su índice de refracción y de la fibra de vidrio, el coeficiente de la fibra que depende como la cantidad de la cantidad de la fibra que depende de la cantidad de la fibra que depende. Debe tener en cuenta que la cantidad de polidivina también depende de la cantidad de la fibra que depende. Debe tener en cuenta que la cantidad de polidivina también depende de la cantidad de la fibra que depende.



Figura 1.1 Diagrama de un tubo de fibra óptica.

La propiedad de la guía de luz en una fibra de vidrio de refuerzo es obtenida al tener en la fibra un índice de refracción de vidrio más alto que el índice de refracción del recubrimiento. Para una reflexión interna total en la fibra, el ángulo de incidencia debe ser mayor que el ángulo crítico. En un caso, la fibra de vidrio tiene un ángulo de incidencia de 45 grados respecto al eje de la fibra y un ángulo de refracción de 30 grados. En este caso, la fibra de vidrio es un ejemplo de fibra de vidrio.

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

La AN se define como la mitad del ángulo sólido dentro del cual un haz de luz incidente en la fibra tiene la condición de reflexión total interna. La relación en la fibra de vidrio de los ángulos medios está dada por la Ley de Snell:

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

Una fibra con una apertura AN baja requiere una fuente óptica con un haz de luz de salida más o menos direccional como un láser para tener bajas pérdidas de acoplamiento. En tanto que una fibra con una AN alta puede usar como fuente óptica un LED (gran anchura del haz de salida). Las fibras multimodo tienden a tener una AN baja en tanto que las fibras monomodo de índice guiado, tienden a tener una AN alta.

La Figura 1.3 muestra las secciones transversales de diferentes tipos de fibra, así como las perfiles de sus índices de refracción. La fibra monomodo de índice escalonado presenta la característica de más baja dispersión y es ampliamente utilizada para aplicaciones de larga distancia de gran longitud de onda con fuentes ópticas LED. La fibra multimodo de índice escalonado es utilizada para aplicaciones de corta distancia con fuentes ópticas LED. El uso

común de las fibras de índice gradual está en sistemas de varios kilómetros de longitud con utilización de repetidores

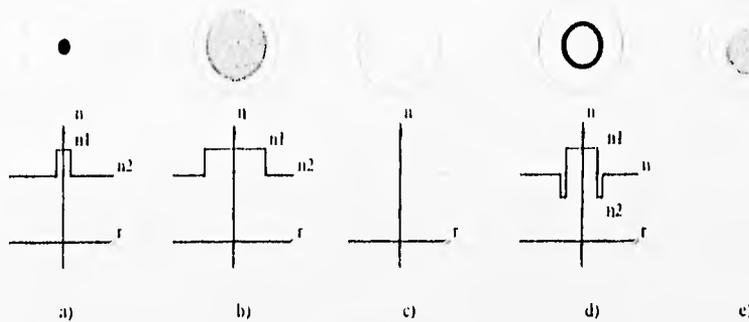


Figura 4.5 Secciones transversales de los tipos de fibra y perfiles de índices refractivos  
 a) Fibra monomodo de índice escalonado, b) fibra multimodo de índice escalonado,  
 c) Fibra parabólica de índice gradual, d) Fibra de revestimiento doble,  
 e) Fibra de revestimiento plástico.

### FIBRAS MULTIMODO

La fibra multimodo tiene un diámetro en el orden de  $600\mu\text{m}$ . La Figura 4.6 muestra la trayectoria de la luz en una fibra multimodo de índice escalonado

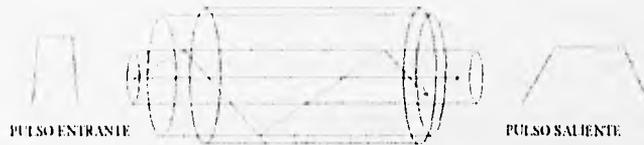


Figura 4.6 Trayectorias de haces de luz en una fibra multimodo de índice escalonado.

### FIBRAS MONOMODO

Las fibras monomodo tienen un diámetro de  $5$  a  $10\mu\text{m}$ . Su dispersión es muy baja permitiendo velocidades de hasta  $1\text{ Gbit/s}$ , tiene una muy baja AN significando esto que requiere de una fuente de luz altamente coherente, como un laser. La Figura 4.7 muestra una trayectoria idealizada del haz en una fibra monomodo.



Figura 4.7 Trayectoria del haz de luz en una fibra monomodo

### FIBRAS DE ÍNDICE GRADUAL.

La trayectoria de los haces de luz en una fibra de índice gradual se muestra en la Figura 4.8. La característica básica de estas fibras es que presenta el mismo tiempo de recorrido para los modos varios. Luego entonces, los efectos de la dispersión son minimizados. Esto es debido a que los haces viajan más rápidamente cerca de la periferia de la fibra dado que el índice refractivo es menor ahí. El resultado es una trayectoria de los haces de luz casi sinusoidal. Con una fibra de índice gradual, es posible la transmisión de 1 Gbit/s para una distancia de un kilómetro. Las fibras de índice gradual están fabricadas de silicio puro e impuro contaminado con Boro, Germanio o Fósforo. El diámetro del núcleo típico de una fibra de índice gradual es de 50 a 60  $\mu\text{m}$ , con un diámetro de revestimiento de 125  $\mu\text{m}$ . El número de modos que pueden propagarse en una fibra de índice gradual es hasta de 700 aproximadamente.



Figura 4.8 Trayectorias de haces de luz en una fibra multimodo de índice gradual.

Los sistemas de fibra óptica implementados en la red digital integrada tienen las características mostradas en la Tabla 4.2

VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN [Mb/s]	INTERFAZ ELÉCTRICA		INTERFAZ ÓPTICA		LONGITUD DE ONDA [nm]	TIPO DE FIBRA	DISTANCIA [km]	TRANSMISOR	RECEPTOR
	CÓDIGO DE LÍNEA	NÚMERO DE CABLES	VELOCIDAD DE SÍMBOLOS [0-mods]	CÓDIGO DE LÍNEA					
8	HEB	120	8.000	HEB	1300	MULTIMODO	20	LED	PIN-FET
34	HEB	400	43.991	HEB	1300	MULTIMODO	50	LASER	PIN-FET
140	CSM	1920	167	CSM	1300	MONOMODO	50	LASER	PIN-FET
965	CSM	4x1920	660	16BP	1300	MONOMODO	40	LASER	PIN-FET

Tabla 4.2 Características de sistemas de fibra óptica en RDI.

La fibra óptica utilizada es del tipo monomodo de vidrio de cuarzo optimizada para operar en 1300nm de acuerdo con la Recomendación CCITT G 652 y presenta las siguientes características (Tabla 4.3)

CARACTERÍSTICAS	
DIÁMETRO DE PROPAGACIÓN	10 ± 1 µm
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	1.463
DIÁMETRO DEL REVESTIMIENTO	125 ± 3 µm
ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL REVESTIMIENTO	1.456
ANCHO DE BANDA	100 GHz·km
LONGITUD DE ONDA	1300 nm
ATENÚACION DE LONGITUD	0.5 dB/km
ATENÚACION POR EMPALME	0.1 dB EMPALME
ATENÚACION POR CONECTOR	1.0 dB CONECTOR
NÚMERO DE CANALES POR FIBRA	4 x 1920 (565 Mb/s)

Tabla 4.3.

## 4.2 TRANSMISION EN EL ESPACIO LIBRE

### 4.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE RADIO DIGITALES

Los sistemas de radio prácticos frecuentemente se encuentran constituidos por varios saltos con una distancia máxima entre antenas transmisora y receptora ó longitud de salto normalmente de 30 a 60 km (20 a 40 mi) en un sistema de línea de vista. Las estaciones intermedias son llamadas estaciones repetidoras y no representan interfaces CCITT de acceso de información sino simplemente regeneradores de niveles binarios. Algunos radios utilizan directamente un repetidor a nivel de FI sin regeneración.

Las bandas de frecuencia de microondas y el espaciamiento de los canales de radio en estas bandas han sido normalizados por el CCIR (Comité Consultivo de Radio Internacional) y la FCC en Norte América. Algunas bandas de frecuencia típicas son 2 GHz (usada para bajas capacidades), 4, 6, 7, 8, 11 y 14 GHz. Para bandas de frecuencias superiores a 11 GHz, la atenuación por lluvia constituye un problema significativo requiriéndose de longitudes de salto restrictivamente cortas para un rendimiento aceptable de un enlace dado. Existe una nueva generación de radios con un rango de frecuencias de operación en las bandas de 15 a 50 GHz los cuales proporcionan enlaces cortos de baja y alta capacidad, para conexión a nivel urbano. Las dimensiones físicas reducidas de las antenas a estas frecuencias facilita a este tipo de enlaces su implementación.

Diferentes canales de radio pueden operar simultáneamente en la misma banda de frecuencia y a través de la misma antena. La combinación y separación de estos canales de radio se efectúa por medio de filtros de guía de onda y circuladores. Los filtros evitan la interferencia entre canales adyacentes. Adicionalmente los canales adyacentes pueden ser situados alternativamente en polarizaciones de antena vertical u horizontal para elevar la calidad del aislamiento contra

interferencia. Esto favorece la reutilización de frecuencias y la optimización del espectro de frecuencias dado que dos canales de radio independientes pueden operar simultáneamente a la misma frecuencia con las polarizaciones de antena opuestas.

Algunas veces un canal en un sistema multicanal es asignado como canal de protección. Si la tasa de error en un canal de tráfico particular excede un nivel de umbral, el sistema de protección efectuará la conmutación automática del tráfico al canal de protección (diversidad de frecuencia).

La Figura 4.9 muestra un diagrama esquemático de la construcción de un sistema de radio.

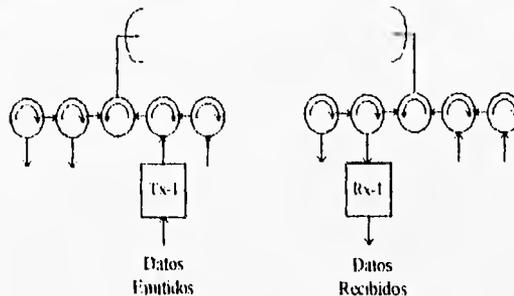


Figura 4.9 Par individual Emisor-Receptor.

En un sistema de radio de operación perfecta el flujo de datos emitido es idéntico al flujo de datos recibido. La medición fundamental de la calidad de un enlace de radio se basa en la comparación y diferenciación entre el flujo de datos emitido y recibido.

La Figura 4.10 muestra el diagrama a bloques simplificado de un transmisor y receptor de radio digital.

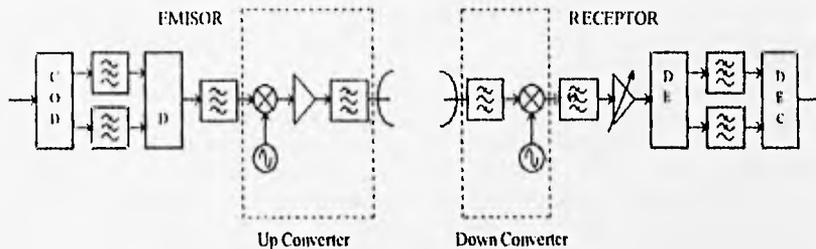


Figura 4.10 Diagrama a bloques de un radio digital.

Las diferencias básicas del diagrama de bloques con los sistemas de radio analógicos se encuentran en las secciones de modulación y demodulación. El diagrama muestra etapas de modulación y demodulación de FI (70 MHz o 140 MHz) con convertidor ascendente (up converter) y convertidor descendente (down converter) para la frecuencia de transmisión. La mayoría de los radios digitales de alta capacidad utilizan este sistema, en tanto los radios de baja

capacidad con esquemas sencillos de modulación usan modulación directa a las frecuencias de transmisión, es decir, el modulador es conectado directamente al amplificador de potencia

La mayoría de los radios utilizan la misma estructura de receptor con conversión descendente para FI donde el amplificador de AGC (rango típico de 50 a 60 dB) mantiene un nivel constante para el demodulador durante un desvanecimiento

La función básica del proceso de codificación proporciona la interfaz CCITT estándar para la Red Digital Integrada y efectúa la adaptación del flujo secuencial de bits para agregar información adicional utilizada por el radio. El resultado es la operación del radio a una velocidad de transmisión superior a la de la interfaz estándar del CCITT. La información adicional tal como canales digitales de servicio y alarmas es multiplexada en el flujo de datos conjuntamente con señales de trama para permitir al receptor distinguir el tipo de información. Un circuito de paridad adiciona la codificación para corrección de errores, para generar un número par o impar de unos en un bloque de datos determinado. La señal entonces pasa a través de un *scrambler* para aleatorizar los datos que están siendo transmitidos. La información de codificación de error es utilizada por el receptor para verificar y corregir errores ocurridos durante la transmisión e inicializar la conmutación del sistema de protección. El codificador diferencial proporciona la interfaz para el modulador digital y decide la forma de codificación de los datos binarios en estados de fase individuales. La Figura 4.11 muestra el diagrama a bloques de la función de codificación.

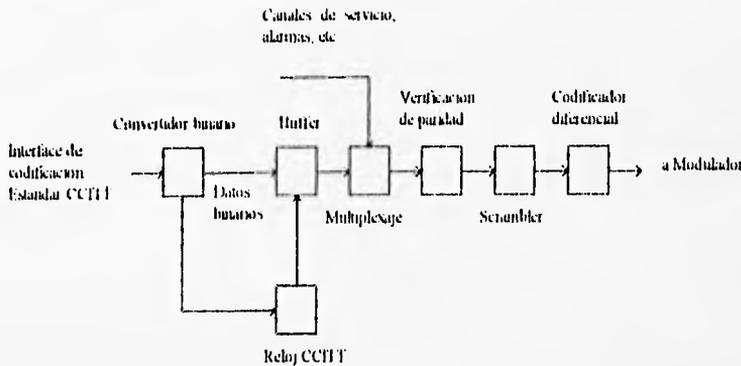


Figura 4.11 Codificador de radio digital típico.

La siguiente es una descripción de la forma en que los circuitos de codificación pueden modificar un flujo de datos entrante. La señal RZ (Return to Zero) es convertida a un formato típico NRZ (Non Return to Zero). Dependiendo de las velocidades, la señal puede ser TTL o ECL. La adición de información al flujo de datos original implica la elevación de la velocidad de transmisión. Los datos originales pueden contener una larga secuencia de ceros, la transmisión de esta secuencia podría alterar el espectro utilizado y producir confusión en el receptor. Para evitar este problema, el flujo de datos a transmitir es modulado con una secuencia pseudoaleatoria conocida por el receptor con el propósito de que la señal original pueda ser recuperada. Una de

las etapas finales consiste en la creación de dos señales, I y Q, las cuales son aplicadas al modulador. Estas señales determinan el formato digital resultante de la señal transmitida.

El codificador y el modulador trabajan conjuntamente para situar los datos de información en la portadora. El procedimiento de adición de la información en la portadora puede producirse utilizando modulación analógica de amplitud (AM), frecuencia (FM) o fase (PM). La modulación digital es muy similar a la modulación analógica en muchos aspectos. De hecho, la modulación digital o I-Q es una combinación de modulaciones en amplitud y en fase. Sin embargo, la transmisión de información a través de la modulación I-Q es más eficiente que la modulación analógica y es más inmune al ruido.

La portadora de microonda sinusoidal puede ser definida en términos de su amplitud, frecuencia y fase relativa a una referencia arbitraria. En la mayoría de los sistemas de radio digital, la frecuencia de la portadora es fija siendo solo necesario considerar la amplitud y fase. La fase y amplitud pueden ser representadas como una coordenada polar o un vector de coordenadas para un punto discreto en el plano denominado plano I-Q. Las asignaciones de I y Q provienen de *in-phase* o referencia en fase y *quadrature* o 90 grados fuera de fase respectivamente. Este punto puede representarse por medio de una adición vectorial de una cierta magnitud de portadora en fase con una cierta magnitud de portadora en cuadratura. Este es el principio de la modulación I-Q.

Situando la portadora en una de las diferentes posiciones predeterminadas en el plano I-Q es posible transmitir información codificada, cada posición o estado representa un cierto patrón de bits el cual es decodificado por el receptor. El diagrama I-Q es ampliamente utilizado para mostrar los posibles estados de magnitud y fase de un formato de modulación digital.

La modulación QPSK (Quadrature Phase Shift-Keying) utiliza una portadora de magnitud constante con cuatro posibles valores de fase 45, 135, 225 y 315 grados (Figura 4.12). La modulación de los estados de fase puede ser generada por la suma de las amplitudes apropiadas de las señales I y Q ( $V_i$  y  $V_q$ ), o por el desplazamiento de fase de la portadora usando directamente un desplazador de fase conmutado electrónicamente.

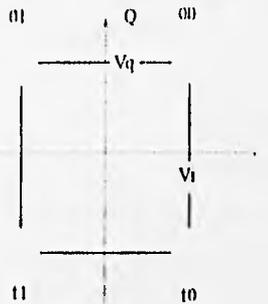


Figura 4.12 Modulación QPSK

Debido a que la modulación QPSK esta constituida por cuatro simbolos o estados discretos, es posible transmitir más información por estado, 2 bits de información binaria son codificados en cada estado o simbolo. Dado que se toman dos bits del flujo serial de datos para formar un

simbolo, la velocidad de los simbolos es la mitad de la velocidad de los bits. Entonces el ancho de banda requerido es proporcional a la velocidad de los simbolos, no a la velocidad de los bits.

La Figura 4.13 muestra el diagrama simplificado a bloques de un modulador QPSK. En QPSK el flujo de bits entrante  $f_b$  es dividido en dos flujos paralelos  $f_b/2$  de tal forma que los bits seriados son aplicados alternativa y simultáneamente a los moduladores balanceados I y Q para generar los simbolos de dos bits. La portadora proveniente del modulador es controlada por el flujo de bits y debido a la suma de las salidas I y Q, se generan los diagramas de estado de fase.

Las señales I y Q determinan el tipo de modulación creada por el modulador.

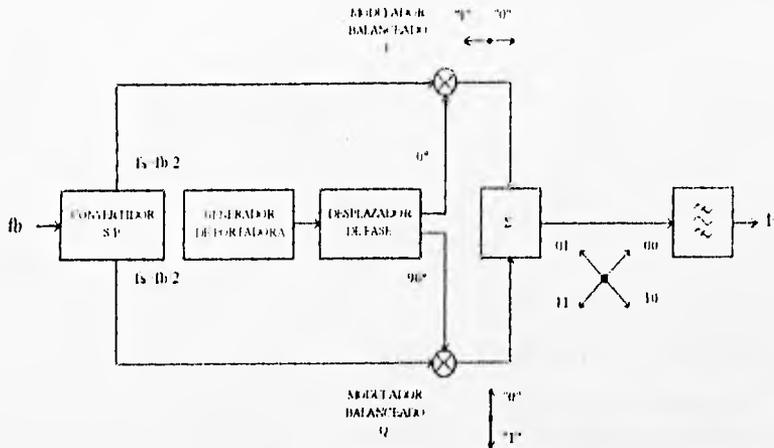
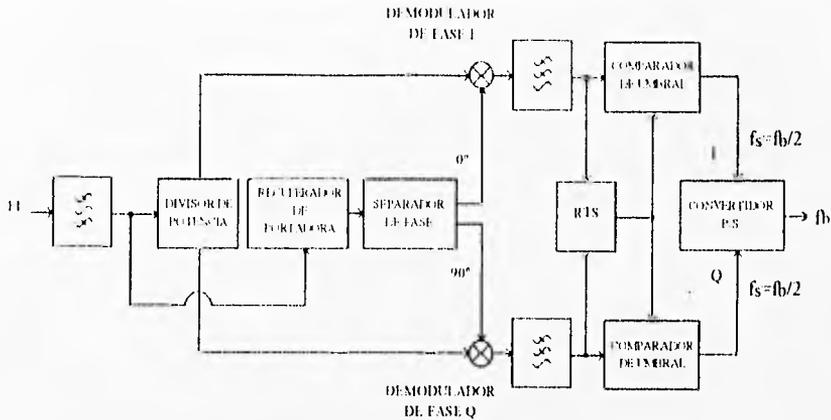


Figura 4.13 Modulador QPSK.

El demodulador QPSK (Figura 4.14) opera en forma similar al modulador, extrayendo los flujos I y Q por demodulación usando las señales portadoras de I y Q. El demodulador es más complejo debido a que efectúa la recuperación de las señales de portadora y temporización de la FI proveniente. La recuperación de la portadora usualmente se efectúa utilizando un proceso no lineal. El reloj de temporización de simbolos es recuperado del flujo de datos demodulado a través de un circuito sintonizado. El aleatorizador (scrambler) en el transmisor asegura la existencia de una componente de reloj independiente de los datos en la entrada del radio receptor.

En el demodulador, los flujos I y Q son filtrados para remover las señales de FI no deseadas y entonces pasar a los detectores de umbral donde la señal es muestreada con el reloj de temporización de simbolos para determinar la presencia de "1" o "0" y regenerar el flujo de datos.



RTS Umbral de Sensitividad del Receptor (Receive Threshold Sensitivity).

Figura 4.14 Demodulador QPSK

## 4.2.2 GANANCIA DE SISTEMA

### DEFINICION DE GANANCIA DE SISTEMA

La ganancia de sistema es una útil medición del rendimiento del sistema debido a que incorpora bastantes parámetros de interés en el diseño del sistema de microondas. Sencillamente la ganancia de sistema representa sólo la diferencia entre la potencia de salida del transmisor y el nivel de umbral de sensitividad del receptor (RTS) para una tasa de error (BER) determinada. Su valor debe ser mayor o igual a la suma de las ganancias y pérdidas externas al equipo. Matemáticamente es

$$G_s = P_t - C_{\min} \geq FM + L_p + L_f + L_b - G_t - G_r \quad (4.1)$$

donde

$G_s$  = Ganancia del sistema [dB]

$P_t$  = Potencia de salida del transmisor [dBm], excluyendo la red de filtros de derivación.

$C_{\min}$  = Nivel de portadora recibida [dBm] para un criterio de calidad mínimo. El  $C_{\min}$  en dBm es normalmente especificado para una tasa de error igual a  $10^{-6}$  (umbral de recepción).

$L_p$  = Atenuación por dispersión en el espacio libre entre radiadores isotrópicos.

$$L_p = 92.4 + 20 \log d + 20 \log f \quad (4.2)$$

donde

$d$  = Longitud del enlace [km],  $f$  = Frecuencia de portadora [GHz]

$L_f$  = Pérdidas de alimentador.

$L_b$  = Pérdidas en la red de filtros de derivación (Branchig Loss), representa las pérdidas en filtros y circulador cuando los transmisores y receptores están acoplados.

$G_t, G_r$  = Ganancia de las antenas de transmisor y receptor para condiciones de radiadores isotrópicos

FM = Margen de desvanecimiento por salto [dB]

La Tabla 4.4 muestra las características técnicas más importantes de los sistemas de radio implementados en RDI hasta 1995

PROVEEDOR	SISTEMA	BANDA [GHz]	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN [Mbit/s]	RSL		PrF Tx [dBm]	GS		TIPO DE MODULACION
				$10^{-3}$ [dBm]	$10^{-4}$ [dBm]		$10^{-3}$ [dB]	$10^{-4}$ [dB]	
ERICSSON	15MKII	15	8	-81	-77	+16	97	93	4FSK
ALCATEL SEL	DRS11200	11.2	140	$-71 \text{ a } 10^{-4}$		+30FET +37FOP	101FET 108TOP $\alpha 10^{-4}$		16QAM
	DRS18700	18.7	2	-88		+16	104		16QPSK
			8	-82		+16	98		
			34	-76		+16	92		
		140	-71		+16	86			
AT&T-DMC	DRM15	15	8		-81	+13SP +23HP		94 104	QPSK
			34		-75	+13SP +23HP		94 104	
			8		-81	+13SP +23HP		94 104	
	DRM18	18.7	8		-81	+13SP +23HP		94 104	
			34		-75	+13SP +23HP		94 104	
			8		-81	+13SP +23HP		94 104	
MNI	NET18	18.7	8	-76ST	-73	+17	93	90	4FSK
				-80T	-77	+17	97	94	
				-80T+	-77	+29	109	106	
			2x8	-75ST	-72	+17	92	89	
				-79T	-76	+17	96	93	
				-79T+	-76	+29	108	105	

RSL, Receive Signal Level (Nivel de Señal Recibida).

GS, Ganancia de Sistema

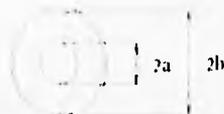
Tabla 4.4 Datos técnicos de Transmisión-Recepción de Sistemas de Radio Digitales en RDI.

### 4.3 CARACTERISTICAS DEL CABLE COAXIAL

El cable coaxial constituye una línea de transmisión basada en un par desbalanceado constituido por un conector interno rodeado por un conector externo de referencia los cuales se encuentran separados por un dieléctrico en configuración concéntrica.

El cable coaxial es el medio de transmisión utilizado bajo el concepto RDSI para el acceso primario a 2.048 Mbit/s.

Las dimensiones normalizadas emitidas por el CCTT para el cable coaxial y que son aplicables para su implementación bajo los conceptos de jerarquía digital europea aplicables en nuestro país, están definidas a través de las Recomendaciones G 621, G 622 y G 623. La Figura 4.15 muestra las consideraciones en el dimensionamiento del cable coaxial.



- 2a: Diámetro exterior del conductor interno
- 2b: Diámetro interior del conductor externo

Figura 4.15 Sección transversal del cable coaxial y dimension

Los parámetros siguientes corresponden a las características de interés de los cables coaxiales de las Recomendaciones G.621, G.622 y G.623 para su utilización en transmisión digital. De acuerdo con estos parámetros se considera factible su aplicación para fines de transmisión digital para acceso primario y manejo de velocidades superiores considerando la atenuación por unidad de longitud que presentan, dado que esta significa la mayor limitante a altas tasas de transmisión.

**RECOMENDACION G 621** Características de los cables de pares coaxiales de 0.7/2.9 (2a/2b) mm.

Impedancia Característica (valor nominal de la parte real)

$$Z = 75 \pm 2.5 \Omega @ 1 \text{ MHz}$$

La Tabla 4.5 muestra los valores medios de impedancia a varias frecuencias

Frecuencia [MHz]	0.2	0.5	1	2	5	10	20	$\infty$
Impedancia [Ohms]	77.7	75.9	75	74.2	73.4	73	72.8	72.2

Tabla 4.5 Valores medios de impedancia G.621.

Atenuación por unidad de longitud (valor nominal)

$$\alpha = 8.9 \text{ dB/Km} @ 10^\circ\text{C y } 1 \text{ Mhz.}$$

La Tabla 4.6 muestra los valores medios de atenuación por unidad de longitud a varias frecuencias

Frecuencia [MHz]	0.2	0.5	1	2	5	10	20
Atenuación por unidad de longitud [dB/Km]	4.5	6.5	8.9	12.6	19.8	28.0	39.6

Tabla 4.6 Valores medios de atenuación por unidad de longitud G.621.

RECOMENDACION G 622. Características de los cables de pares coaxiales de 1 2/4 4 (2a/2b) mm.

Impedancia Característica (valor nominal de la parte real)

$$Z = 75 \pm 1.5 \Omega \text{ (@ 1 MHz, transmisión telefónica)}$$

$$Z = 75 \pm 1.0 \Omega \text{ (@ 1 MHz, transmisión de televisión)}$$

La Tabla 4.7 muestra los valores medios de impedancia a varias frecuencias

Frecuencia [MHz]	0.06	0.1	0.2	0.5	1	1.3	4.5	12	18
Impedancia [Ohms]	79.8	78.9	77.4	75.8	75	74.8	74	73.6	73.5

Tabla 4.7. Valores medios de impedancia G 622.

Atenuación por unidad de longitud (valor nominal)

$$\alpha = 18.0 \pm 0.4 \text{ dB/Km (@ } 10^\circ\text{C y 12 Mhz)}$$

La Tabla 4.8 muestra los valores medios de atenuación por unidad de longitud a varias frecuencias

Frecuencia [MHz]	0.06	0.1	0.3	0.5	1	1.3	4.5	12	18
Atenuación por unidad de longitud [dB/Km]	1.5	1.8	2.9	3.7	5.3	6.0	11	18	22

Tabla 4.8. Valores medios de atenuación por unidad de longitud G 622.

RECOMENDACION G 623. Características de los cables de pares coaxiales de 2 6/9 5 (2a/2b) mm.

Impedancia Característica

$$Z = 74.4 [1 + 0.0123 / (f)^{1/2} (1 - j)] \Omega.$$

f=[MHz].

El valor de impedancia característica a 1 MHz para la parte real es de 75.3Ω.

Atenuación por unidad de longitud (valor nominal)

$$\alpha = 18.00 \pm 0.3 \text{ dB/Km (@ } 10^\circ\text{C y 60 Mhz)}$$

La Tabla 4.9 muestra los valores medios de atenuación por unidad de longitud a varias frecuencias

Frecuencia [MHz]	0.06	0.3	1	4	12	20	40	60	150	300
Atenuación por unidad de longitud [dB/Km]	0.59	1.27	2.32	4.62	8.01	10.35	14.67	18.00	28.6	40.7

Tabla 4.9. Valores medios de atenuación por unidad de longitud G.633

Las posibilidades de aplicación (Tabla 4.10) de los pares coaxiales especificados son las siguientes de acuerdo a la Recomendación G.614

Denominación propuesta de los tipos de sistemas	Anchura de banda pasible [MHz]	Ejemplo típico de velocidad del sistema [Mbit/s]	Tipos de pares coaxiales que pudieran utilizarse [nom]
VELOCIDAD MEDIA	8.5	8	0.7/2.9
	35	34	1.2/4.4
ALTA VELOCIDAD	100	140	1.2/4.4 2.6/9.5
MUY ALTA VELOCIDAD	700	565	2.6/9.5

Tabla 4.10. Cables para sistemas digitales

#### IMPLEMENTACION EN RDI

Las características del cable coaxial utilizado para la transmisión de información digital en RDI se muestra en la Tabla 4.11.

### TIPO RG 59/BU



#### DESCRIPCION:

- Conductor central de cable sólido
- Aislamiento de polietileno sólido
- Malla de cobre
- Cubierta de PVC en color negro

#### ESPECIFICACIONES:

CONDUTEL CT 6701/89 Y 6702/89

Peso Kg/Km	Conductor central mm (pulg.) Rcd	Diámetro aislamiento mm (pulg.)	Diámetro exterior mm (pulg.)	Malla % de cobrimiento	Impedancia nominal Ohms	Velocidad de propagación nominal	Capacitancia nominal pF/m	Atenuación	
								Frecuencia MHz	dB/100m
54.2	0.64 (0.0251) 64.45 Ohms/Km	3.71 (0.146)	6.15 (0.242)	95.00%	75.00	66.00%	72.6	10.00	3.6
								50.00	7.9
								100.00	11.2
								200.00	16.8
								400.00	24.8
								700.00	34.2
								900.00	39.8
1000.00	42.4								

### TIPO RG 59/U



#### DESCRIPCION:

- Conductor central de acero recubierto de cobre (CCS).
- Aislamiento de polietileno sólido
- Malla de cobre.
- Cubierta de PVC en color negro.

#### ESPECIFICACIONES:

CONDUTEL CT 6701/89 Y 6702/89

Peso Kg/Km	Conductor central mm (AWG) Rcd	Diámetro aislamiento mm (pulg.)	Diámetro exterior mm (pulg.)	Malla % de cobrimiento	Impedancia nominal Ohms	Velocidad de propagación nominal	Capacitancia nominal pF/m	Atenuación	
								Frecuencia MHz	dB/100m
52.8	0.64 (22) 180.1 Ohms/Km	3.71 (0.146)	6.15 (0.242)	95.00%	75.00	68.00%	72.3	10.00	3.6
								50.00	7.9
								100.00	11.2
								200.00	16.8
								400.00	24.8
								700.00	34.2
								900.00	39.8
1000.00	42.4								

Tabla 4.11 Características de los pares coaxiales utilizados en RDI.

Las velocidades de transmisión utilizando los cables coaxiales RG59/BU y RG59/U (Tabla 4.11) son a 2, 8, 34, 140 y 565 Mbit/s.

A nivel comparativo, es posible establecer que la atenuación por unidad de longitud presentada por los tipos RG59/BU y RG59/U son superiores a las correspondientes a las Recomendaciones G.621, G.622 y G.623, sin embargo debe considerarse que para el cable coaxial en RDI a velocidades sólo de 2 Mbit/s se permite una longitud máxima de 200 a 300m (atenuación por unidad de longitud de 3.0 a 4.5 dB), para velocidades superiores a esta (8, 34,

140 y 565) las longitudes del cable no superan 5m ( $\pm 0.075\text{dB}$ ), debido a que para sistemas de velocidades media, alta y muy alta se utiliza como medio de transmisión la F O o el radio digital.

La gráfica siguiente (Figura 4.16) muestra una aproximación del comportamiento de los pares coaxiales utilizados en RDI RG59/BU y RG59/U de atenuación por unidad de longitud versus frecuencia.

CABLE COAXIAL RG59/BU Y RG59/U

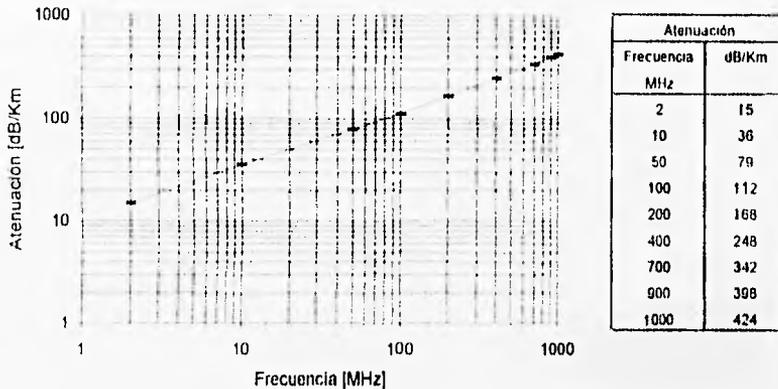


Figura 4.16 Gráfico de frecuencia vs. atenuación para pares coaxiales.

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS DEL PAR TRENZADO

El medio de transmisión más importante para el acceso básico es el par trenzado de dos hilos metálicos normalizado, usado comúnmente como circuito de usuario en las redes telefónicas. La opción de la utilización de la línea de usuario de dos hilos es debida a su amplia disponibilidad, lo cual hace posible la introducción a gran escala de la RDSI a nivel básico.

Un par metálico típicamente consiste de múltiples secciones de pares de alambre de cobre cubiertos con aislante de polietileno. Los alambres se encuentran trenzados para reducir el acoplamiento electromagnético con pares adyacentes en cables que pueden contener varios cientos o miles de pares. El diámetro de los hilos varía típicamente en el intervalo de 0.4 a 0.8 mm ó 19, 22, 24 y 26 AWG (American Wire Gauge).

Las características del par simétrico considerado para la implementación del acceso básico RDSI, se encuentran definidas en la Recomendación G.613, "Características de los pares simétricos en cable que pueden utilizarse en su totalidad para la transmisión de señales de sistemas digitales a velocidades binarias hasta 2 Mbit/s".

Los cables descritos en la Recomendación G.613 pueden utilizarse para la transmisión de señales digitales binarias más bajas (menores a 2 Mbit/s) y señales de frecuencias vocales y consideran la transmisión bidireccional simultánea. Las características de los cables se muestran en la Tabla 4.12.

CARACTERISTICAS	TIPOS DE CABLE			
	Tipo I	Tipo II	Tipo II bis	Tipo III
Velocidad binaria [Kbit/s]	2048	2048	2048	2048
Diametro nominal de los conductores [mm]	0.8	0.7	1	0.6
Impedancia nominal [Ohms] a $f_0=1$ MHz	100	130	130	
Atenuación nominal por unidad de longitud [dB/Km] a $f_0=1$ MHz y 20°C	16	11.5*	8.5*	15.5
Resistencia nominal en CD [Ohms/Km] a 20°C	68.6	94.1*	46.1*	63
Capacidad mutua nominal [nF/Km]	50	39	39	44

\*Valor máximo

Tabla 4.12 Características de los circuitos CCITT G.613.

La magnitud de frecuencia  $f_0=1$  MHz se encuentra definida en la Recomendación G.952 y corresponde a un sistema de 2048 kbit/s.

La implementación del acceso básico a través de un par simétrico como medio de transmisión implica la necesidad de efectuar la transmisión bidireccional sobre el par. Se consideran las tres técnicas de transmisión bidireccional sobre un par siguientes:

1. **TRANSPOSICION DE FRECUENCIAS** La transmisión bidireccional se efectúa en forma simultánea en cada sentido, procurando la codificación de las señales digitales de forma tal que sus densidades espectrales se recubran lo menos posible. Esta característica es obtenida mediante el empleo de codificaciones distintas para cada dirección ó utilizando el mismo código en los dos sentidos, pero modulando el espectro a través de una portadora en uno de los dos sentidos de transmisión. La separación de los sentidos en la recepción se consigue mediante filtrado.

2. **ALTERNANCIA** Consiste en el cambio alternativo de los sentidos de transmisión garantizando una bidireccionalidad efectiva. A escalas de tiempo pequeñas considera la división y asignación de intervalos para transmisión/recepción en ambos sentidos. Los elementos binarios son almacenados en bloques en los extremos del enlace y emitidos en el intervalo de tiempo correspondiente. Por tanto, en cada extremo se distinguen dos estados bien definidos, emisión y recepción.

3. **ANULACION DEL ECO.** Esta técnica implica la transmisión bidireccional simultánea sobre un par sin la necesidad de recurrir a técnicas especiales. Se basa en la separación de los dos sentidos de transmisión mediante un acoplador 4hilos/2hilos, el cual está asociado a una impedancia de equilibrio para el acoplamiento de líneas.

En la función de conversión 4hilos/2hilos, el acoplador situado en oposición al cable provoca una desadaptación parcial y una parte de la señal emitida reaparece en la recepción. Es el fenómeno de eco local.

Dada la importancia de la calidad de los medios de transmisión digital para la operación apropiada de la red, existen criterios normalizados para la determinación y cuantificación de esta

El Anexo 4 A siguiente muestra las características de estos criterios, los cuales han sido definidos bajo la Recomendación G 821 y muestra también el cálculo de los parámetros asociados y los valores que para los medios de transmisión en RDI aplican

Página 44

**ANEXO 4.A**  
**RECOMENDACION G.821 DEL CCITT.**  
**ANALISIS DE LA CALIDAD DE UN SISTEMA DIGITAL POR MEDIO DE LA**  
**EVALUACION DE LA TASA DE ERROR**

Uno de los criterios que define la confiabilidad de un sistema digital está establecido por el CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía) por medio de la evaluación de la tasa de error en el sistema. La recomendación G 821 establece las condiciones de tasa de error BER (Bit Error Rate=Bits Errados/Bits Transmitidos) que deben cumplir los sistemas de transmisión digital para garantizar la calidad necesaria en las señales transmitidas.

**CARACTERISTICAS DE LA CALIDAD DE UN SISTEMA DIGITAL.**

En los sistemas de comunicación analógicos, uno de los principales parámetros que permiten determinar la calidad del sistema, es la relación señal a ruido (S/N). La señal analógica transmitida tiene en la banda de frecuencias de operación una densidad espectral de potencia característica y una potencia rms. El ruido acumulado producido por factores externos adicionado al ruido intrínseco introducido por los componentes electrónicos del sistema a través del medio de comunicación tiene igualmente una densidad espectral de potencia y una potencia rms. La magnitud de la relación entre estas dos señales respecto a un nivel de umbral es indicativo de la calidad de la transmisión.

En los sistemas de comunicación digital el ruido no es acumulado a través del medio de transmisión debido a la aplicación de criterios para la determinación de un valor lógico discreto y su regeneración. En el caso de los sistemas digitales un parámetro muy importante para la determinación de la calidad de la transmisión es la cantidad de errores que se producen en el enlace.

El CCITT a través de la recomendación G 821 establece los criterios que deben aplicarse a los resultados de la medición de la tasa de error en un sistema digital para determinar si tiene la calidad suficiente para una operación sin riesgo de degradación del servicio.

La recomendación G 821 establece tres términos para la cuantificación de errores generados durante la operación del sistema de comunicaciones, son el Segundo Errado (ES), el Segundo Severamente Errado (SES) y el minuto degradado (DM) y su definición es la siguiente.

**SEGUNDO ERRADO.** Intervalo de tiempo igual a un segundo en el que se presenta cuando menos un error.

**SEGUNDO SEVERAMENTE ERRADO.** Intervalo de tiempo igual a un segundo y que presenta una tasa de error mayor a  $1 \times 10^{-3}$  (1bit errado por cada 1000 bits transmitidos).

**MINUTO DEGRADADO.** Intervalo de tiempo igual a un minuto y que presenta una tasa de error mayor a  $1 \times 10^{-6}$  (1bit errado por cada 1000000 bits transmitidos).

Las condiciones que determinan si el sistema cumple con esta recomendación están dadas por los siguientes criterios de acuerdo con los tres conceptos anteriores.

**SEGUNDOS ERRADOS.** Menos del 8 % de los segundos considerados.

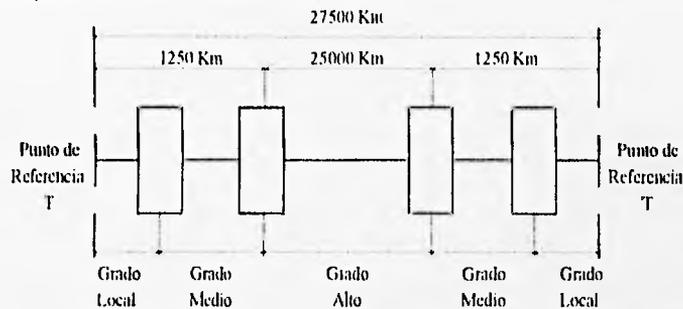
**SEGUNDOS SEVERAMENTE ERRADOS.** Menos del 0.2 % de los segundos considerados.

**MINUTOS DEGRADADOS.** Menos del 10 % de los minutos considerados.

El cálculo de estos parámetros es descrito en el Anexo 4 B

### **CIRCUITO HIPOTETICO DE REFERENCIA (HYPOTHETICAL REFERENCE CONNECTION)**

Dada la necesidad de la aplicación de la recomendación G 821 a enlaces de distancias variables y debido a los niveles de ruido que caracterizan al enlace dependiendo de su distancia, el CCITT ha definido un Circuito Hipotético de Referencia (HRX) que permite establecer parámetros de confiabilidad que sirven de referencia en la determinación de los parámetros equivalentes de un circuito particular. La Figura 4 A 1 muestra la representación esquemática del Circuito Hipotético de Referencia del CCITT



El límite entre el Grado Local y el Grado Medio puede establecerse de acuerdo a los requerimientos de la Administración telefónica

Figura 4 A.1 Circuito Hipotético de Referencia (HRX)

Como se observa, el Circuito Hipotético de Referencia en la Figura 4.A.1 está constituido por tres grados de enlace de comunicaciones, es decir, se encuentra subdividido en circuitos de longitud menor denominados

- Grado Local
- Grado Medio
- Grado Alto

Debido a que cada una de las distancias asociadas a los diferentes grados es susceptible de ser proporcionalmente afectada por el ruido, se han distribuido los criterios de error para Segundos Errados, Segundos Severamente Errados y Minutos Degradados a cada extremo de la conexión, para conseguir que los errores acumulados a través de la totalidad de la conexión sean compatibles con el requisito de calidad mínima y sea considerada la introducción de errores que puede provocar el transmisor, el receptor y el medio de comunicación

Los criterios de reparto se muestran en la Tabla 4 A.1 y 4 B.1.

CRITERIO DE REPARTO DE MINUTOS DEGRADADOS Y SEGUNDOS ERRADOS  
PARA LOS TRES GRADOS DE CONEXION

CLASIFICACION DEL CIRCUITO	REPARTO DE MINUTOS DEGRADADOS Y SEGUNDOS ERRADOS
GRADO LOCAL	15 % del criterio para cada extremo
GRADO MEDIO	15 % del criterio para cada extremo
GRADO ALTO	40 % (Equivalente a 0.0016 % por kilometro)

La Administración Telefonica puede distribuir el 30 % de los dos extremos, siempre que no se exceda el 30% total. Este criterio se aplica también al reparto del objetivo para los Segundos Severamente Errados.

Tabla 4 A 1.

CRITERIO DE REPARTO DE SEGUNDOS SEVERAMENTE ERRADOS

CLASIFICACION DEL CIRCUITO	REPARTO DE SEGUNDOS SEVERAMENTE ERRADOS
GRADO LOCAL	15 % del criterio para cada extremo
GRADO MEDIO	15 % del criterio para cada extremo
GRADO ALTO	0.04 % (Equivalente a 0.004 % por cada 2500 Km)

Para el caso en el que el grado alto contenga un enlace satelital, el reparto del objetivo deberá ser del 0.02%

Tabla 4.A.2.

La Tabla 4.A.1 especifica la distribución de 0.1 % del requerimiento total de 0.2 %. El 0.1 % restante se asigna a las secciones de grado medio y alto para tomar en cuenta las condiciones adversas en las rutas de transmisión en los momentos más desfavorables del año.

La distribución de este 0.1 % se explica en el Anexo 4 B.

**TIEMPO DISPONIBLE Y TIEMPO INDISPONIBLE**

La recomendación G.821 define un periodo de Tiempo Indisponible como un intervalo de 10 segundos con una tasa de error superior a  $10^{-3}$  durante cada segundo. Un periodo de tiempo disponible está definido como un intervalo de tiempo de 10 segundos con una tasa de error menor a  $10^{-3}$ .

Para efectuar la evaluación de los ES, SES y DM el Tiempo Indisponible total debe restarse del Tiempo Disponible.

**ANEXO 4.B**  
**ACLARACIONES REFERENTES AL CALCULO DE LA CALIDAD DE UN SISTEMA DIGITAL**

Las pruebas de calidad de un sistema digital deben considerar los distintos componentes que constituyen al sistema y su importancia relativa. Dado que los análisis para los segmentos de grado local, medio y alto están asociados a distintos niveles jerárquicos, los objetivos para los grados medio y alto tendrán que ser especialmente estrictos. De acuerdo con esta consideración el CCIR ha dividido el estudio para el caso de segmentos de longitud menor y mayor a 280 Km en los grados local y alto respectivamente.

**DETERMINACION DE LOS SES, DM Y ES**

El CCIR ha dividido el objetivo de calidad en una mitad atribuible a los equipos y la otra mitad a las condiciones que puedan presentarse en el medio de transmisión por condiciones adversas. Dada esta condición los criterios de distribución son los siguientes.

**SEGUNDOS SEVERAMENTE ERRADOS, SES<sub>s</sub>**

Del 0.2 % de SES asignado a la totalidad del circuito, el 0.1 % del criterio es asignado a factores de equipo y 0.1 % a factores de transmisión, el cual a su vez es dividido en un 50 % para el grado alto y un 50 % para el grado medio en ambos extremos. Dado que la mayoría de los sistemas para análisis no exceden 2500 Km de longitud, el segmento de grado alto de 25000 Km ha sido dividido en 10 segmentos de 2500 Km designados como HRDP (Hypothetical Reference Digital Path). La distribución del 0.1 % atribuible a factores de equipo se muestra en la Figura 4 B 1.

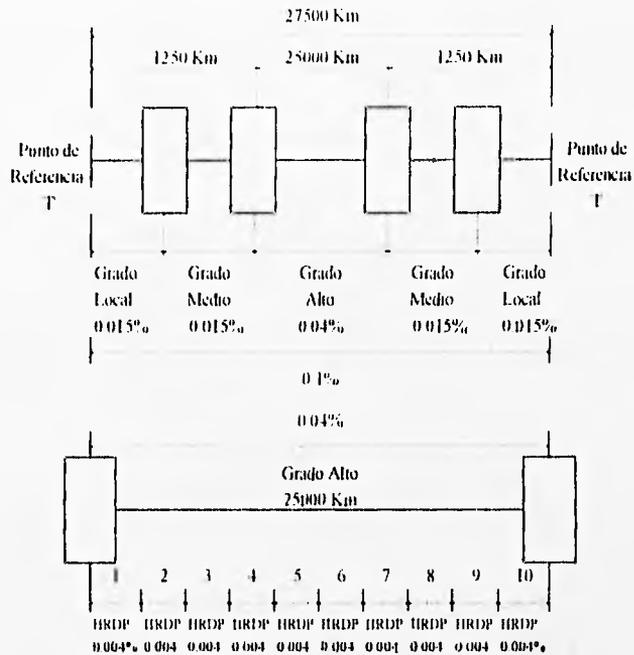


Figura 4 B.1 Distribución del 0.1% del criterio para SES.

Se observa, que el porcentaje correspondiente a un HRDP con una longitud de 2500 km es de 0.004%. Considerando que la participación del 0.1 % debido a condiciones adversas en la transmisión es de 0.05% para el segmento de grado alto, el porcentaje del criterio total para SES que corresponden a un HRDP es (0.05 % + 0.004 %) 0.054 %.

Dada la consideración del límite de 280 km por el CCJR para clasificar un enlace, se establece que el objetivo de calidad %SES para un enlace de longitud L donde

$$280 \text{ km} < L < 2500 \text{ km}$$

se obtiene de la ponderación de L de acuerdo con la siguiente expresión

$$\%SES = (L \times 0.054) / 2500 \quad (4.B.1)$$

donde L = [km]

Para una longitud de enlace L donde

$$50 \text{ km} < L < 280 \text{ km}$$

la magnitud de L se considerará de 280 km, obteniéndose de la expresión 4.B.1 que %SES=0.006 %

Para una longitud de enlace L, menor a 50 km, el CCIR continua realizando estudios para determinar el objetivo de calidad.

### MINUTOS DEGRADADOS, DMs

La Figura 4 B 2 muestra la distribución del 10 % del criterio para DMs

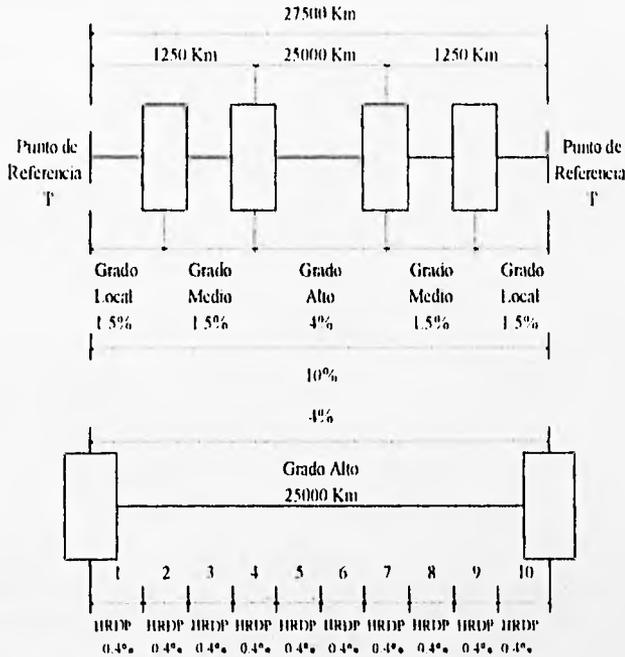


Figura 4.B 2 Distribución del 10% del criterio para DM.

El procedimiento para obtener el criterio de DM para circuitos de longitud menor a 2500 km se obtiene de la ponderación de L en forma similar al aplicado para SES.

Para un enlace de longitud L, donde

$$280 \text{ km} < L < 2500 \text{ km}$$

el criterio se obtiene de acuerdo con la siguiente expresión

$$\%DM = (L \times 0.4) / 2500 \quad (4 B 2)$$

donde L, = [km]

Para una longitud de enlace L, donde

$$L \leq 280 \text{ km}$$

la magnitud de L se considerara de 280 km, obteniendose de la expresion 4 B 2 que  $\%DM=0.0448\%$

### SEGUNDOS ERRADOS, ES

La Figura 4 B 3 muestra la distribución del 8 % del criterio para ES

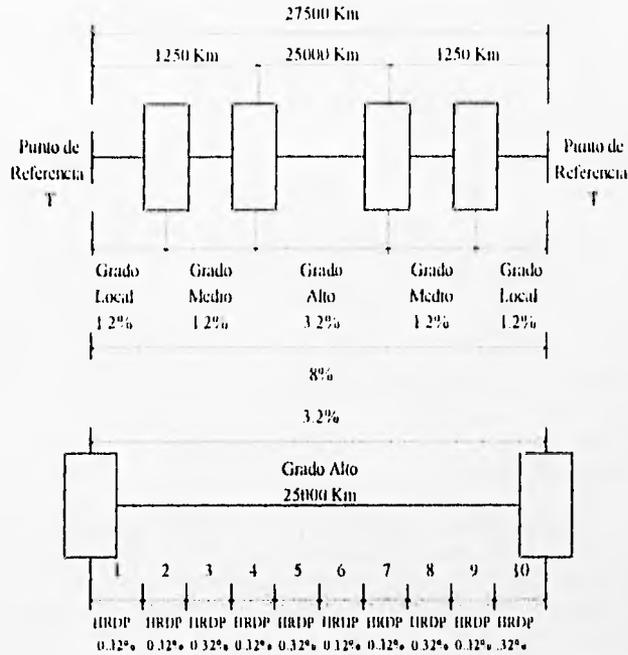


Figura 4 B 3 Distribución del 8% del criterio para ES.

El procedimiento para obtener el criterio de ES para circuitos de longitud menor a 2500 km se obtiene nuevamente de la ponderación de L.

Para un enlace de longitud L donde

$$280 \text{ km} < L < 2500 \text{ km}$$

el criterio se obtiene de acuerdo con la siguiente expresión

$$\%ES = (L \times 0.32) / 2500 \quad (4 B 3)$$

donde L = [km].

Para una longitud de enlace L donde

$$L < 280 \text{ km}$$

la magnitud de L. se considerará de 280 km, obteniéndose de la expresión 4 B 3 que %ES= 0.036 %

La determinación de la calidad de un sistema digital bajo los requerimientos de la Rec. G 821 es función de los parámetros de longitud del sistema y el tiempo de medición básicamente. Con el propósito de simplificar la obtención de los criterios máximos aceptables para un sistema digital en función de la longitud y la duración de la medición recomendados, se han desarrollado las siguientes expresiones

$$ES_{\max}[\text{seg}] = L[\text{km}] \cdot (0.32) \cdot (60)^2 \cdot T_h[\text{hrs}] / (2500 \cdot 100)$$

$$ES_{\max}[\text{seg}] = 4.608 \times 10^{-3} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

donde  $280 \text{ km} \leq L \leq 2500 \text{ km}$

$$L < 280 \text{ km} \Rightarrow L = 280 \text{ km}$$

$$SES_{\max}[\text{seg}] = L[\text{km}] \cdot (0.054) \cdot (60)^2 \cdot T_h[\text{hrs}] / (2500 \cdot 100)$$

$$SES_{\max}[\text{seg}] = 7.776 \times 10^{-4} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

donde  $280 \text{ km} \leq L \leq 2500 \text{ km}$

$$L < 280 \text{ km} \Rightarrow L = 280 \text{ km}$$

$$DM_{\max}[\text{min}] = L[\text{km}] \cdot (0.4) \cdot (60) \cdot T_h[\text{hrs}] / (2500 \cdot 100)$$

$$DM_{\max}[\text{min}] = 9.6 \times 10^{-5} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

donde  $280 \text{ km} \leq L \leq 2500 \text{ km}$

$$L < 280 \text{ km} \Rightarrow L = 280 \text{ km}$$

Los enlaces urbanos operantes en la RDI en el área metropolitana tienen una longitud de salto promedio de 7km (máximo 15km). A manera de ejemplo y dado que la longitud es menor a 280 km se considerará  $L = 280 \text{ km}$ . Considerando además un periodo de prueba  $T_h = 72 \text{ hrs}$  se tienen los siguientes máximos para los criterios de Segundos Errados, Segundos Severamente Errados y Minutos Degradados.

$$ES_{\max}[\text{seg}] = 4.608 \times 10^{-3} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

$$ES_{\max}[\text{seg}] = 92.897 \text{ seg}$$

$$SES_{\max}[\text{seg}] = 7.776 \times 10^{-4} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

$$SES_{\max}[\text{seg}] = 15.676 \text{ seg}$$

$$DM_{\max}[\text{min}] = 9.6 \times 10^{-5} \cdot L[\text{km}] \cdot T_h[\text{hrs}]$$

$$DM_{\max}[\text{min}] = 1.935 \text{ min}$$

Cualquier valor superior a alguno de los tres criterios significará una calidad del enlace fuera de norma

## 5 ORGANISMOS DE NORMALIZACION DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

La totalidad de las consideraciones para la conformación de las estructuras de telecomunicaciones de RDI y RDSI en México, están basadas en la normatividad y recomendaciones establecidas y emitidas por los organismos de normalización internacionales con el propósito de hacer compatibles los desarrollos conceptuales y tecnológicos en el área de telecomunicaciones para favorecer la conectividad a nivel mundial y elevar la cantidad de facilidades y servicios potenciales de una red de telecomunicaciones universal hacia el usuario final

### 5.1 PROCESO DE ESTANDARIZACION DE LA RDSI

El proceso de estandarización de la RDSI es debido a la intervención de un conjunto de organizaciones globales, regionales y comités con la interacción de una gran cantidad de representantes de sectores industriales y profesionales del área de telecomunicaciones para la producción de estándares, especificaciones, procedimientos de operación y normas necesarias para implementar las actuales y futuras redes de telecomunicaciones

El amplio número de participantes con diferentes motivaciones y puntos de interés propicia el surgimiento de foros y procedimientos que constituyen el proceso de estandarización de la RDSI. Los foros mencionados a continuación, son los principales con objetivos direccionados hacia RDSI

#### FOROS GLOBALES

A un nivel global, las dos organizaciones más activas en la planeación de estándares de comunicación digital son la Unión Internacional de Telecomunicaciones ITU (International Telecommunication Union) y la Organización Internacional para Estandarización ISO (International Organization for Standardization).

**UNION INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES ITU** (International Telecommunication Union) El ITU es la organización internacional especializada mundialmente para telecomunicaciones. El propósito de la ITU es promover la cooperación y el desarrollo en el campo de las telecomunicaciones, especialmente en el área de servicios de telecomunicaciones.

Estructuralmente, el ITU está constituido por organismos temporales y permanentes. Los organismos temporales son básicamente legislativos y administrativos como la Conferencia Plenipotenciaria, el Consejo Administrativo, las Conferencias Administrativas, el Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía (CCITT), y el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR). Los organismos permanentes proporcionan una variedad de funciones importantes e incluyen la Secretaría General, la Secretaría CCITT, la Secretaría CCIR y el Tribunal Internacional de Registro de Frecuencias.

La mayoría de la actividad sobre aspectos RDSI está confinada al CCITT aún que algunos puntos referentes a radio son considerados por el CCIR. El trabajo está sustentado por la participación de organismos técnicos dentro del CCITT. Los resultados son publicados como estándares internacionales denominados *Recomendaciones* de los comités consultivos, aún que

algunos estándares referentes a radio son considerados como tratados de conformidad y son referidos como *Normas*

El proceso de adopción de recomendaciones normalmente se desarrolla en el contexto de *Cuestiones* discretas, aún que las referentes a radio son manejadas en el contexto de *Proyectos*. Las Recomendaciones normalmente proceden desde propuestas iniciales hasta la adopción en el contexto de periodos de actividad específicos de cuatro años que inician y terminan con convocatorias formales llamadas Asambleas Plenarias

El proceso de adopción de Normas generalmente procede en el contexto de una única Conferencia Administrativa en la cual la adopción normalmente ocurre por consenso

#### COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE TELEGRAFIA Y TELEFONIA CCITT

Esta definido para el manejo de la totalidad de los aspectos de telecomunicaciones excepto aquellos referidos específicamente a radio.

El CCITT consiste de una Asamblea Plenaria convocada cada cuatro años y numerosos Grupos de Estudio establecidos por la Asamblea. Los siguientes son los Grupos de Estudio que consideran directa o indirectamente aspectos relacionados con RDSI (El CCITT ha designado sus Grupos de Estudio usando números romanos para diferenciarlos de aquellos designados por el CCIR el cual utiliza números arábigos)

- I Servicios
- II Operación de Red
- III Principios de Conteo y Tarificación
- IV Mantenimiento
- V Protección contra Efectos Electromagnéticos
- VI Planta Externa
- VII Redes de Comunicación de Datos
- VIII Terminales para Servicios Telemáticos
- IX Redes Telegráficas y Equipo Terminal Telegráfico
- X Lenguajes para Aplicaciones de Telecomunicaciones
- XI Conmutación y Señalización
- XII Eficiencia de Transmisión de Redes Telefónicas y Terminales
- XV Sistemas de Transmisión y Equipo
- XVII Transmisión de Datos sobre la Red Telefónica
- XVIII RDSI

El proceso de estandarización generalmente consiste en la introducción de una aportación para el Grupo de Estudio, usualmente al inicio del ciclo de cuatro años.

El producto final del CCITT son las Recomendaciones. Todo el campo de las telecomunicaciones, excepto radio, ha sido codificado por el CCITT, con cada subdivisión principal representada por una letra como prefijo. Por ejemplo, el estándar universal para conmutación de paquetes X.25 perteneciente a la Serie X de Recomendaciones sobre Redes de Comunicación de Datos. Estas Recomendaciones son formalmente adoptadas por cada Asamblea Plenaria y conocidas por el color de la cubierta exterior del conjunto de publicaciones de volúmenes y fascículos.

Quizá el más prominente de los Grupos de Estudio del CCITT es el XVIII, el cual ha sido el punto central para la mayoría de las actividades RDSI. Los otros, han sido direccionados hacia aspectos de diseño y operación de la red y terminales.

La naturaleza dinámica del CCITT ha resultado en una constante reorganización. La Tabla 5.1 muestra el esquema de las Recomendaciones del CCITT.

SERIE	TITULO
A	Organización del trabajo del CCITT
B	Medios de expresión (definiciones, símbolos, clasificación)
C	Estadística general de Telecomunicaciones
D	Principios generales de Tarifación
E	Operación Telefónica Internacional, Administración de red, e Ingeniería de Tráfico
F	Telegrafía, Telemática, Manejo de Mensajes, y Directorio de Servicios Operaciones, Calidad de Servicio y Definición de Servicio
G	Sistemas de Transmisión y Medios, Sistemas Digitales y Redes
H	Línea de Transmisión de Señales No Telefónicas
I	Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI)
J	Transmisión de Programas de Sonido y Señales de Televisión
K	Protección contra Interferencia
L	Construcción, Instalación, y Protección de cable y otros elementos de la Planta Externa
M	Mantenimiento: Sistemas de Transmisión Internacional, Circuitos Telefónicos, Telegrafía, Facsimil y Circuitos Dedicados
N	Mantenimiento: Programas de Sonido Internacionales y Circuitos de Transmisión de Televisión
O	Especificaciones de Equipo de Medición
P	Calidad de Transmisión Telefónica, Instalaciones Telefónicas, y Redes de Línea Local
Q	Comutación y Señalización Telefónica
R	Transmisión Telegráfica
S	Equipo Terminal de Servicios Telegráficos
T	Equipo Terminal y Protocolos para Servicios Telemáticos
U	Comutación Telegráfica
V	Comunicación de Datos sobre Redes Telefónicas
X	Redes de Comunicación de Datos
Z	Lenguajes de Programación

Tabla 5.1 Esquema de las Recomendaciones del CCITT.

<b>PARTE I ESTRUCTURA GENERAL-SERIE I 100</b>	
<b>Sección 1 Secuencia de las Recomendaciones Serie I. Terminología</b>	
I.110	Prólogo y estructura general de las Recomendaciones Serie I
I.111	Relación con otras Recomendaciones relevantes sobre RDSI
I.112	Vocabulario de términos para RDSI
I.113	Vocabulario de términos para aspectos de RDSI de banda ancha
<b>Sección 2 Descripción de RDSIs</b>	
I.120	Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSIs)
I.121	Aspectos de RDSIs de banda ancha
I.122	Estructuración de trama para implementación adicional de servicios por paquete
<b>Sección 3 Métodos de Modelado Generales</b>	
I.130	El método para la caracterización de servicios de telecomunicaciones soportados por una RDSI y facilidades de red de una RDSI
<b>Sección 4: Red de Telecomunicación y Atributos Científicos</b>	
I.140	Atributos para la caracterización de servicios de telecomunicaciones soportados por una RDSI y facilidades de red de una RDSI
I.141	Atributos de capacidad de carga RDSI
<b>PARTE II. FACILIDADES DE SERVICIO-SERIE I 200</b>	
<b>I.200 Guía para la Serie I.200</b>	
<b>Sección 1 Aspectos Generales de los Servicios en RDSI</b>	
I.210	Principios de los servicios de telecomunicaciones soportados por una RDSI y facilidades de red de una RDSI
I.211	Servicios portadores soportados por una RDSI
I.212	Teleservicios soportados por una RDSI
<b>Sección 2 Aspectos Comunes de Servicios en RDSI</b>	
I.220	Descripción dinámica común de los servicios de telecomunicación básicos
I.221	Características específicas comunes de servicios
<b>Sección 3: Servicios Portadores Soportados por una RDSI</b>	
I.230	Definición de servicios portadores
I.231	Categorías de servicio portador en modo circuito
I.232	Categorías de servicio portador en modo paquete
<b>Sección 4: Teleservicios Soportados por una RDSI</b>	
I.240	Definición de teleservicios
I.241	Teleservicios soportados por una RDSI
<b>Sección 5: Servicios Suplementarios en RDSI</b>	
I.250	Definición de servicios suplementarios
I.251	Servicios de identificación de número
I.252	Servicios de ofrecimiento de llamada
I.253	Servicios de complementación de llamada
I.254	Servicios multipartita
I.255	Servicios "Comunidad de Interés"
I.256	Servicios de tarificación
I.257	Servicios de transferencia de información adicional

Tabla 5.2 Estructura general de las Recomendaciones Serie I

<b>PARTE III: ASPECTOS DE LA RED Y FUNCIONES-SERIE: I 300</b>	
<b>Sección 1: Principios Funcionales de la Red</b>	
I 310	Principios funcionales-RDSI
<b>Sección 2: Modelos de Referencia</b>	
I 320	Modelo de referencia del protocolo RDSI
I 324	Arquitectura de red RDSI
I 325	Configuraciones de referencia para los tipos de conexión RDSI
I 326	Configuraciones de referencia para requerimientos de recursos de red relativa
I 32x	Conexiones hipotéticas de referencia RDSI
<b>Sección 3: Numeración, Direccionamiento, y Enrutamiento</b>	
I 330	Numeración RDSI y principios de direccionamiento
I 331 (E 164)	Plan de numeración para la era RDSI
I 332	Principios de numeración para interoperación entre redes RDSI y redes dedicadas con planes de numeración diferentes
I 333	Selección de terminal en RDSI
I 334	Principios de relación de números/subdirecciones RDSI con las direcciones de los niveles de red del modelo de referencia OSI
I 335	Principios de enrutamiento RDSI
<b>Sección 4: Tipos de Conexión</b>	
I 340	Tipos de conexión RDSI
<b>Sección 5: Objetivos de Eficiencia</b>	
I 350	Aspectos generales de la Calidad de Servicio y eficiencia de red en redes digitales, incluyendo RDSIs
I 351	Recomendaciones en otras Series incluyendo objetivos de eficiencia de red que aplican para el punto de referencia T de una RDSI
I 352	Objetivos de eficiencia de la red para retardos por procesamiento de llamada
<b>PARTE IV: INTERFACES USUARIO RDSI-RED-SERIE I 400</b>	
<b>Sección 1: Interfaces Usuario RDSI-Red</b>	
I 410	Aspectos generales y principios relacionados a las Recomendaciones sobre las interfaces usuario RDSI-Red
I 411	Interfaces usuario RDSI-Red, configuraciones de referencia
I 412	Interfaces usuario RDSI-Red, estructuras de interfaz y facilidades de acceso
<b>Sección 2: Aplicación de las Recomendaciones Serie I a las Interfaces Usuario RDSI-Red</b>	
I 420	Interfaz usuario básico-red
I 421	Interfaz usuario tasa primaria-red
<b>Sección 3: Interfaces Usuario RDSI-Red: Recomendaciones Nivel 1</b>	
I 430	Interfaz usuario básico-red, especificación Nivel 1
I 431	Interfaz usuario tasa primaria-red, especificación Nivel 1
I 43x	Interfaz usuario tasa alta-red
<b>Sección 4: Interfaces Usuario RDSI-Red: Recomendaciones Nivel 2</b>	
I 440 (Q 920)	Interfaz de nivel de enlace de datos usuario RDSI-Red, aspectos generales
I 441 (Q 921)	Especificación de interfaz de nivel de enlace de datos usuario RDSI-Red
<b>Sección 5: Interfaces Usuario RDSI-Red: Recomendaciones Nivel 3</b>	
I 450 (Q 930)	Interfaz de nivel 3 usuario RDSI-Red, aspectos generales

Tabla 5.2 (Continuación)

1.451(Q.931)	Especificación de interfaz de nivel 3 usuario RDSI-Red para control de llamada básica
1.452(Q.932)	Especificación de interfaz de nivel 3 usuario RDSI-Red, procedimientos generales para el control de servicios suplementarios RDSI
<b>Sección 6: Adaptación de la Tasa de Multiplexaje y Soporte de las Interfaces Existentes</b>	
1.460	Multiplexaje, adaptación de la tasa, y soporte de interfaces existentes
1.461(X.30)	Soporte de X.21 y X.21bis basado en Equipos Terminales de Datos (DTEs) por una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
1.462(X.31)	Soporte de equipos terminales modo paquete por RDSI
1.463(V.110)	Soporte de Equipos Terminales de Datos (DTEs) con interfaz tipo Serie V por una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI)
1.464	Multiplexaje, adaptación de la tasa, y soporte de interfaces existentes para facilidades de transferencia restringidas a 64 kbit/s
1.465	Soporte de una RDSI para equipo terminal de datos con interfaz tipo Serie V con provisión de multiplexaje estadístico
<b>Sección 7: Aspectos de RDSI que Afectan los Requerimientos de la Terminal</b>	
1.470	Relación de funciones terminales y RDSI
<b>PARTE V: INTERFACES ENTRE REDES-SERIE 1.500</b>	
1.500	Estructura general de las Recomendaciones de interoperabilidad RDSI
1.510	Definiciones y principios generales de interoperabilidad RDSI
1.511	Interfaz Nivel 1 entre redes RDSI-RDSI
1.515	Intercambio de parámetros para interoperabilidad RDSI
1.520	Configuraciones generales para interoperabilidad de red entre RDSIs
1.530	Interoperabilidad de red entre una RDSI y una Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)
1.540(X.321)	Configuraciones generales para interoperabilidad de red entre Redes de Datos Públicas de Conmutación de Circuitos (RDPCCs) y Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSIs) para la implementación de servicios de transmisión de datos
1.550(X.325)	Configuraciones generales para interoperabilidad de red entre Redes de Datos Públicas de Conmutación por Paquete (RDPCPs) y Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSIs) para la implementación de servicios de datos
1.560(V.202)	Requerimientos para la adaptación de servicios de telex en RDSI
<b>PARTE VI: PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO-SERIE 1.600</b>	
1.601	Principios generales de mantenimiento del acceso de usuario RDSI e instalación de usuario
1.602	Principios de aplicación de mantenimiento a la instalación de usuario RDSI
1.603	Principios de aplicación de mantenimiento al acceso básico RDSI
1.604	Principios de aplicación de mantenimiento al acceso primario RDSI
1.605	Principios de aplicación de mantenimiento al acceso básico RDSI por multiplexaje estadístico

Tabla 5.2 (Continuación)

**GRUPO DE ESTUDIO XVIII.** Para niveles internacionales, el trabajo relacionado con RDSI es desarrollado por muchos Grupos de Estudio, particularmente el VII, XI y XVIII. El más importante de todos estos grupos, sin embargo, es el Grupo de Estudio XVIII. La infraestructura de los grupos de trabajo del Grupo de Estudio XVIII durante el periodo de estudio 1989-1992 es la siguiente:

- Grupo de Trabajo XVIII/1 Coordinación y aspectos generales
- Grupo de Trabajo XVIII/2 Interoperabilidad APBMS y pruebas de campo
- Grupo de Trabajo XVIII/3 Características de interfaces nivel 1
- Grupo de Trabajo XVIII/4 Arquitectura y modelos
- Grupo de Trabajo XVIII/5 Facilidades de red
- Grupo de Trabajo XVIII/6 Rendimiento
- Grupo de Trabajo XVIII/7 Jerarquías digitales
- Grupo de Trabajo XVIII/8 Aspectos generales de RDSI de banda ancha

En la Asamblea Plenaria IX, 23 cuestiones concernientes a RDSI fueron asignadas al Grupo de Estudio XVIII (Tabla 5.3)

CUESTION	TITULO
1/XVIII	Aspectos generales de RDSI
2/XVIII	Modo de Transferencia Asíncrono ATM (Asynchronous Transfer Mode)
3/XVIII	Aspectos de red de las Jerarquías Digitales
4/XVIII	Aplicación de red de las Jerarquías Digitales Síncronas (SDH, Synchronous Digital Hierarchy) con referencia a la Interface de Nodo de Red (NNI, Network Node Interface)
5/XVIII	Aspectos generales de la Calidad de Servicio y eficiencia de la red en redes digitales incluyendo RDSIs
6/XVIII	Objetivos de eficiencia de la red para transferencia de información modo circuito RDSI
7/XVIII	Objetivos de eficiencia para temporización y control de slips (sincronización), filtrado, wander y corrimiento en propagación
8/XVIII	Objetivos de eficiencia de red para conexión RDSI, procesamiento, y transferencia de información modo paquete.
9/XVIII	Objetivos de eficiencia para disponibilidad RDSI
10/XVIII	Impacto del procesamiento de la señal sobre RDSI
11/XVIII	Interoperabilidad de RDSIs con otras redes, incluyendo verificación de compatibilidad y selección terminal
12/XVIII	Interoperabilidad entre redes usando diferentes jerarquías digitales, Funcionalidad del Nivel 1
13/XVIII	Facilidades de red para el soporte de servicios de banda ancha en RDSIs
14/XVIII	Facilidades de red RDSI para el soporte de adicionales y/o nuevos servicios
15/XVIII	Portador de servicios RDSI modo paquete, servicios y aspectos de interface usuario-red
16/XVIII	Arquitectura RDSI y principios funcionales, métodos de caracterización, y configuraciones de referencia (incluyendo interfaces usuario-red)
17/XVIII	Modelo de referencia del protocolo RDSI
18/XVIII	Tipos de conexión RDSI
19/XVIII	Facilidades de red para la integración de servicios de red móvil en RDSI
20/XVIII	Características de interfaces RDSI Nivel 1 y accesos RDSI
21/XVIII	Vocabulario para RDSI
22/XVIII	Influencia de RDSI de banda ancha sobre los principios de codificación de video
23/XVIII	Guía para implementación de pruebas de campo RDSI en países desarrollados

Tabla 5.3 Cuestiones asignadas al Grupo de Estudio XVIII del CCITT

COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIO CCIR. El CCIR es un organismo del ITU similar al CCITT. Sin embargo sus métodos de trabajo y Recomendaciones son significativamente diferentes. El trabajo del CCIR está confinado a las facilidades y propagación de radio. Sin embargo, como los sistemas de transmisión vía radio y las redes han incrementado el uso de técnicas digitales representando una extensión de las facilidades RDSI, los Grupos de Estudio del CCIR dedicados a servicios de radio específicos han tenido que adoptar Recomendaciones y programas de estudio relevantes. Existe una colaboración entre Grupos del CCIR y CCITT particularmente en aspectos que involucren servicios de radio móvil, servicios de televisión digital y sistemas satelitales en circuitos RDSI.

ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION ISO (International Standardization Organization). La ISO es la agencia internacional especializada para la normalización, está constituida por los organismos de normalización, designados organismos miembros más representativos de los países. ANSI (American National Standards Institute) representa a los Estados Unidos. Un miembro correspondiente es normalmente una organización en un país desarrollado que no tiene aún su propio organismo de normalización nacional. Los miembros correspondientes no toman parte activa en el trabajo técnico, pero se les conserva completamente informados sobre trabajos de su interés.

El propósito de la ISO es promover el desarrollo de la normalización y actividades relacionadas a nivel mundial con el objetivo de facilitar el intercambio internacional de ventajas y servicios y el desarrollo de la cooperación en el ámbito intelectual, científico, tecnológico y económico. Los resultados del trabajo técnico de la ISO son publicados como Estándares Internacionales (International Standards).

El objetivo de la ISO comprende la normalización en todos los campos excepto el eléctrico y las normas de ingeniería electrónica, las cuales para equipo, son responsabilidad de la Comisión Electrotécnica Internacional IEC (International Electrotechnical Commission).

Toda la actividad relacionada a RDSI en ISO está confinada a un Comité Técnico Principal designado JTC1 (Joint Technical Committee 1).

JTC1 INFORMACION TECNOLOGICA JTC1 es responsable de una de las más dinámicas áreas en la estandarización internacional, la información tecnológica.

En el JTC1, una división importante es el Subcomité 6, Telecomunicaciones e Intercambio de Información entre Sistemas. SC6 es responsable de más de 50 proyectos de desarrollo de estándares para telecomunicaciones y transferencia de información. El trabajo está basado en la subdivisión en cuatro grupos de trabajo avocados a los primeros cuatro niveles del Modelo OSI. El Comité actúa como un eslabón entre múltiples niveles que comprenden los temas de nombramiento y direccionamiento, conectividad para transmisión de datos, transmisión de datos multipunto, convenciones de servicio, compatibilidad, administración, desarrollo de conceptos necesarios para el uso de subcanales múltiples y aspectos relevantes de los sistemas de señalización por canal común, estudio de las relaciones de facilidades específicas proporcionadas por RDSI con OSI, y conjuntamente con el CCITT la compatibilidad de arquitecturas OSI y RDSI.

## OTRAS ORGANIZACIONES GLOBALES

Además de la ITU y la ISO, existen otras organizaciones internacionales globales que representan foros de participación en aspectos de redes de comunicación digital. La más prominente de estas organizaciones es el Grupo Internacional de Usuarios de Telecomunicaciones INTUG (International Telecommunications Users Group). INTUG es una asociación internacional privada constituida por asociaciones. INTUG no sólo participa en el trabajo del CCITT como organización sino que también organiza eventos ocasionales sobre RDSI e intercambia información entre sus miembros.

La Organización Internacional de Satélites de Comunicaciones INTEL.SAT (International Telecommunications Satellite Organization) también tiene un Comité Consultivo y un nivel de organización internacional para participar en las actividades del CCITT. La actividad de INTEL.SAT relacionada con RDSI consiste principalmente en la participación con el CCITT y CCR en aspectos relacionados a redes satelitales en RDSI.

## ORGANIZACIONES REGIONALES

A nivel regional, la Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones CEPT (Conférence Européenne des Postes et Télécommunications) es muy activa y tiene una amplia participación en el proceso de normalización de redes digitales aún que en 1988 transfirió toda su actividad al nuevo Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

ETSI (European Telecommunication Standards Institute). ETSI es el mecanismo de coordinación de las posiciones de la comunidad europea de telecomunicaciones y promulgación de los estándares europeos. Esta actividad fue desarrollada desde la infraestructura de normalización del anterior CEPT designada como CCH y creado como un Grupo Especial en RDSI. El grupo constituye un medio de coordinación de planes y estrategias en RDSI para el desarrollo de contribuciones comunes para submisión y soporte dentro de los Grupos de Estudio del CCITT, especialmente el XVIII.

Los Comités de la CEPT han incrementado su actividad e influencia en algunos de los más importantes desarrollos en RDSI. Estos incluyen principalmente RDSI de banda ancha, sistemas digitales móviles, y sistemas de administración de red integrada.

ECMA (European Computer Manufacturers Association). El objetivo de ECMA es estudiar y desarrollar, en cooperación con otras organizaciones nacionales e internacionales, métodos y procedimientos de normalización para su aplicación en conjunción con los sistemas de procesamiento de datos.

ECMA pretende desarrollar normas y procedimientos que complementen las recomendaciones del CCITT y CEPT existentes. Esto es ilustrado, por ejemplo, por su reporte técnico sobre mantenimiento para la interfaz entre equipo de procesamiento de datos y redes de conmutación privadas en un ambiente RDSI.

## ORGANIZACIONES DE LOS ESTADOS UNIDOS

Existe en los E.U. una amplia variedad de foros y organizaciones dedicados a la estandarización de las comunicaciones digitales

ECSA (Exchange Carriers Standards Association). ECSA esta constituida por varios foros y comites y un grupo permanente. El comité de estandares de redes lo constituye el Comité de Estandares de Comunicaciones T1. El Comité T1 es el organo principal en lo referente a aspectos técnicos de la industria y, para propósitos de RDSI, el equivalente nacional del CCITT.

El Comité T1 es la principal fuente de los E.U. submitido al CCITT para RDSI y Sistema de Señalización por Canal Común No. 7.

El Comité T1 esta constituido por los Subcomites siguientes:

*Subcomité Técnico T1E1: Interfaces de Red.* Este subcomité recomienda los estandares y desarrolla reportes técnicos asociados a las interfaces entre equipo de usuario (incluyendo redes privadas) y las redes de conmutación. Su trabajo incluye características físicas y electromagnéticas de interfaces así como señalización y aspectos de definición de protocolo de estas interfaces.

*Subcomité Técnico T1S1: Redes Digitales de Servicios Integrados.* Este subcomité recomienda los estandares y desarrolla reportes técnicos asociados a todos los aspectos de las Redes Digitales de Servicios Integrados. El trabajo incluye servicios RDSI, interfaces usuario-red y red-red (incluyendo señalización), servidores y protocolos, arquitectura de protocolo, especificación de niveles RDSI, planes de numeración y administración y demás aspectos.

Los Grupos de Trabajo de T1S1 son:

- T1S1.1 Servicios y Arquitectura RDSI.
- T1S1.2 Protocolos de Señalización y Conmutación RDSI
- T1S1.3 Señalización por Canal Común
- T1S1.4 Interfaces de Señalización de Canales Individuales.

Adicionalmente existe el Subgrupo de Trabajo T1D1.1 que desarrolla aspectos relacionados con RDSI de banda ancha

Los proyectos de T1S1 incluyen:

- a) Todos los aspectos relacionados con RDSI de banda ancha.
- b) Principios de las interfaces de acceso usuario-red.
- c) Definición de aspectos de servicio RDSI.
- d) Aspectos de red RDSI.
- e) Principios de operación y mantenimiento.
- f) Modelo funcional de la arquitectura RDSI.
- g) Modelo de referencia del protocolo RDSI
- h) Numeración y principios de direccionamiento.
- i) Definición de interfaces entre redes.
- j) Interoperabilidad de servicios RDSI con los servicios de las redes existentes. principios de enrutamiento RDSI.
- k) Interfaz de acceso básico RDSI para aplicación a los puntos de referencia S y T, especificación Nivel 1.
- l) Interfaz de acceso primario RDSI para aplicación a los puntos de referencia S y T, especificación Nivel 1.
- m) Estándar para la interfaz de acceso básico RDSI para aplicación en el extremo de la red de NT1, especificación Nivel 1.

- n) Estándares para adaptación de la tasa de transmisión
- o) Multiplexaje y soporte de interfaces existentes
- p) Estándar para el protocolo del nivel de enlace de datos RDSI (LAPD)
- q) Estándar para el protocolo de control de llamada asociado a RDSI y para el equipo de usuario relacionado
- r) Señalización usuario-usuario
- s) Especificaciones de señalización usuario RDSI-Red.
- t) Estándares de interoperabilidad para control de llamada RDSI

*Subcomité Técnico T1A1: Operaciones de interoperabilidad, Mantenimiento, Administración e Implementación.* Este subcomité recomienda los estándares y desarrolla reportes técnicos relacionados a la planeación e ingeniería de la interoperación de redes operaciones de interoperabilidad, prueba y soporte de operaciones, y equipo y soporte administrativo. El trabajo incluye planes de enrutamiento de tráfico, diagnóstico y mediciones, planeación de grupo troncal; ordenamiento de circuitos y facilidades; administración de red, instalación de circuitos y facilidades, activación de línea, restauración, rutina de mantenimiento, localización de fallas, y reparación, puntos de contacto para operaciones entre redes, acceso a red, interfaces de operador; métodos de conteo y tarificación y tarificación de datos

*Subcomité Técnico T1Q1: Eficiencia.* Este subcomité recomienda los estándares y desarrolla reportes técnicos relacionados a la eficiencia de las redes de telecomunicaciones de E U y las interfaces entre usuario-portador y portador-portador. El trabajo incluye el desarrollo de objetivos de eficiencia de red de interfaz de usuario a interfaz de usuario, especialmente en eficiencia para voz, datos en la banda de voz, programas de audio, televisión y telecomunicaciones analógicas y digitales de banda ancha.

*Subcomité Técnico T1X1: Jerarquía Digital y Sincronización.* Este subcomité recomienda los estándares y desarrolla reportes técnicos relacionados a la interconexión e interoperabilidad de las redes de telecomunicaciones. El trabajo se especializa en las interfaces entre portadores incluyendo los aspectos físicos, electromagnéticos y de protocolo de la transmisión e interfaces de conmutación.

Los Grupos de Trabajo de T1X1 son:

T1X1.3 Interfaces de Sincronización.

T1X1.4 Interfaces Jerárquicas Metálicas.

T1X1.5 Interfaces Jerárquicas Ópticas.

T1X1.6 Interfaces de Análisis de tributaria.

*Subcomité Técnico T1Y1: Temas Especializados.* Este subcomité recomienda los estándares y desarrolla reportes técnicos relacionados a los proyectos de comunicación especializados no considerados por otro subcomité TI. El trabajo incluye el desarrollo de procesamiento estandarizado de voz, audio, video, y señales de datos y el desarrollo de ambientes estandarizados para conmutación e interconmutación de redes portadoras.

COMISION FEDERAL DE COMUNICACIONES FCC (Federal Communications Commission). La FCC es la agencia gubernamental en los E.U. responsable de la normalización de las telecomunicaciones. Aún que los estándares explícitos de la FCC sobre RDSI no existen, es la comisión que establece las reglas, efectúa los procedimientos y otorga las autorizaciones de un servicio en particular.

COMITE AMERICANO DE NORMALIZACION NACIONAL ANSC (American National Standards Committee), Subcomité sobre Sistemas de Procesamiento de Información. La ANSI es una organización que coordina las actividades de normalización voluntarias en E.U. ANSI también representa a los E.U. en dos organizaciones relacionadas a la información y telecomunicación internacional, la ISO (Organización Internacional de Normalización) y la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional).

INSTITUTO DE INGENIEROS ELECTRICOS Y ELECTRONICOS IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers). Es la más prominente y activa organización profesional en E.U. que se especializa en normas sobre comunicación digital.

El Comité 802 de IEEE especializado en estándares de Red Local ha estado trabajando por varios años en las normas de Redes de Área Local. Los estándares pueden ser usados conjuntamente con las RDSIs en la implementación de servicios locales.

## 6 SINCRONIZACION DE RED

Los conceptos de sincronización de red descritos en este Capítulo, están basados en el Plan de Sincronización de Telefonos de México y tienen el propósito de normalizar el número global de deslizamientos (Sección 2.3.2) o tasa de deslizamientos aceptables para la conexión de un número determinado de Centrales y establecer la metodología para conseguir y mantener el proceso de sincronización de la red.

La Red Digital requiere de la sincronización de los relojes de la totalidad de los nodos de conmutación para generar una base de tiempos común que permita uniformizar y ajustar los instantes significativos de las señales digitales manejadas por cada Central.

La siguiente Sección especifica el concepto de los términos asociados a la sincronización.

### 6.1 CONCEPTOS Y CARACTERISTICAS DE LA RED DE SINCRONIZACION

Los siguientes son los conceptos y las características asociados a la conformación de la red de sincronización de los equipos de conmutación y transmisión digital.

#### 6.1.1 RELOJ

Un Reloj en una red de sincronización proporciona la base de tiempo empleada para controlar la temporización de la duración de los elementos de la señal, el muestreo y el proceso de lectura/escritura de la información digital. Los relojes utilizados para el control de las operaciones de sincronización están caracterizados por los parámetros siguientes:

**EXACTITUD.** La Exactitud  $e$  es la capacidad de un reloj para generar una frecuencia lo más próxima posible a una frecuencia nominal asociada y esta definida por la siguiente expresión

$$e = |\Delta f|/f$$

donde  $\Delta f$  = variación de la frecuencia [Hz]

$f$  = frecuencia nominal [Hz]

**ESTABILIDAD.** La Estabilidad  $E$  de un reloj representa el grado de capacidad de este para producir una misma frecuencia durante un periodo de tiempo  $T_T - T_0$  una vez establecida la operación continua. La estabilidad esta definida entonces, por la siguiente expresión

$$E = \{|\Delta f|/f\} \{1/(T_T - T_0)\}$$

La Estabilidad de un reloj puede por tanto, ser también considerada como la medida de la variación en el tiempo de la Exactitud de ese reloj, es decir,

$$E = e \{1/(T_T - T_0)\}$$

De la expresión se deduce que dependiendo de la magnitud del intervalo de tiempo  $T_T - T_0$ , es posible distinguir los conceptos de Estabilidad en Corto Plazo, la cual representa una variación

aleatoria y Estabilidad en Largo Plazo que significa una variación debida al decaimiento natural y sistemático del reloj debido a envejecimiento

### **CARACTERISTICAS DE LOS RELOJES**

En la Red Digital los relojes se encuentran clasificados en Tipo I, Tipo II y Tipo III y sus características son las siguientes:

**TIPO I** Parámetros mínimos de ajuste:

Exactitud= $1 \times 10^{-11}$

Estabilidad= $1 \times 10^{-11}[\text{Día}^{-1}]$

**TIPO II** Parámetros mínimos de ajuste:

Exactitud= $1 \times 10^{-10}$

Estabilidad= $1 \times 10^{-10}[\text{Día}^{-1}]$

**TIPO III** Parámetros mínimos de ajuste:

Exactitud= $1 \times 10^{-9}$

Estabilidad= $1 \times 10^{-9}[\text{Día}^{-1}]$

**RELOJ DE REFERENCIA.** Es considerado un reloj de gran Estabilidad y Exactitud utilizado para mantener la frecuencia de una red de relojes de menor estabilidad

#### **6.1.2 TASA DE DESLIZAMIENTO**

Esta definida como el número de bits perdidos o duplicados ocurridos en un intervalo de tiempo dado. La Tasa de Deslizamiento esta dada en bit/seg y es proporcional a la diferencia de Exactitudes de los relojes de los equipos enlazados.

La Tasa de Deslizamiento global para una conexión efectuada de acuerdo a los planes de conmutación y transmisión de TELMEX es de un deslizamiento cada cinco horas ( $5.56 \times 10^{-5}$  bit/seg)

#### **6.1.3 NODO DE SINCRONIZACION**

Representa un punto de la red de sincronización en el cual se originan y/o terminan señales de temporización.

#### **6.1.4 INSTANTE SIGNIFICATIVO**

Constituye el momento en el que son reconocidas las condiciones significativas o estados lógicos de una señal

#### **6.1.5 RED PLESIOCRONA**

Constituye una red en la cual los relojes que controlan los Nodos de Conmutación Digital son independientes y los instantes significativos de las señales utilizadas mantienen una variación limitada.

### **6.1.6 RED SINCRONA**

Constituye una red en la cual los relojes están controlados para trabajar idealmente a la misma frecuencia o mismo promedio bajo límites de diferencia de fase establecidos

### **6.1.7 CONTROL UNILATERAL**

Se refiere al control establecido entre dos Nodos de sincronización, tal que la frecuencia del reloj de uno de los Nodos es influenciado por la información de temporización derivada del reloj del otro Nodo

### **6.1.8 RED DESPOTICA**

Constituye una red en la cual existe un reloj maestro que ejerce poder absoluto de control unilateral sobre los demás relojes designados esclavos. Se consideran dos organizaciones de sincronismo de red bajo el concepto de red despótica:

1. MAESTRO-ESCLAVO Constituye una relación de sincronización en la que el reloj de un Nodo de Conmutación actúa como maestro de los demás los cuales se encuentran subordinados
2. MAESTRO-ESCLAVO JERARQUICO. Constituye una organización de sincronización despótica en la que todos los relojes de las Centrales de Conmutación están dispuestos en forma jerárquica y a cada reloj se le asigna una etiqueta de identificación de la jerarquía que le corresponde.

En caso de falla del enlace con el reloj maestro, se seleccionará como nuevo maestro al enlace que se designe como de nivel jerárquico inmediato inferior.

### **JERARQUIAS**

En la Red Digital de TELMEX, la totalidad de los relojes de equipo de conmutación digital tienen asignado un nivel jerárquico, la simbología y denominación de tales niveles jerárquicos es la mostrada en la Tabla 6.1.

SÍMBOLO	NIVEL JERÁRQUICO
(NA)	A
(NB)	B
(NC)	C
(ND)	D
(NE)	E
(NF)	F

Tabla 6.1

Las características de los seis niveles jerárquicos definidos en la Tabla 6.1 son las siguientes:

**NIVEL A** Corresponde al Nivel Jerárquico más alto de la red de sincronización y contiene relojes del Tipo I. El reloj con esta jerarquía deberá ser utilizado como referencia nacional, operará en forma plesiócrona y será asignado a un Centro Internacional CI-1.

**NIVEL B** Corresponde a la jerarquía inmediata inferior a la del Nivel A y contendrá relojes del Tipo II. Este Nivel será asignado principalmente a Centros Regionales.

**NIVEL C** Corresponde a la jerarquía inmediata inferior a la del Nivel B y contendrá relojes del Tipo II. Será asignado principalmente a Centros Regionales.

**NIVEL D** Corresponde a la jerarquía inmediata inferior a la del Nivel C y contendrá relojes del Tipo II. Este Nivel será asignado principalmente a Centros de Zona y Centrales Tandem.

**NIVEL E** Corresponde a la jerarquía inmediata inferior a la del Nivel D y contendrá relojes del Tipo III. Este Nivel será asignado principalmente a Centrales Locales.

**NIVEL F** Corresponde a la jerarquía inmediata inferior a la del Nivel E y su sincronía provendrá de la Central Local. Este Nivel será asignado a Concentradores.

Para el caso de Centrales Mixtas, la jerarquía del reloj estará en función de la jerarquía de conmutación más alta que tenga la Central.

La Tabla 6.2 muestra la correspondencia entre niveles jerárquicos y el Tipo de reloj asociado a estos.

NODO DE SINCRONIZACION		TIPO DE
SIMBOLO	NIVEL JERARQUICO	RELOJ
SA	A	HPO I
SB	B	HPO II
SC	C	HPO II
SD	D	HPO II
SE	E	HPO III
SF	F	

Tabla 6.2

### 6.1.9 RED MUTUAMENTE SINCRONIZADA

Constituye una red en la que cada reloj de los nodos de conmutación digital ejerce un control relativo sobre los demás tendiendo a operar a una frecuencia común. Bajo este concepto se definen los dos modos de sincronización siguientes:

**MUTUO SIMPLE TERMINADO.** La entrada de control de reloj al Nodo de Conmutación está compuesta del promedio de las compensaciones de fase entre el reloj local y todos los relojes entrantes.

**MUTUO DOBLE TERMINADO.** La entrada de control de reloj al Nodo de Conmutación se compone de la diferencia entre la información del MODO SIMPLE TERMINADO y las compensaciones de fase medidas en todos los Nodos de Conmutación asociados.

### 6.1.10 MEMORIA ELASTICA

Corresponde a la memoria o registro circular de almacenamiento temporal que permite compensar las fluctuaciones de fase. El modo de operación del registro circular o memoria elástica para la compensación de las diferencias entre las velocidades de escritura y lectura en un equipo de transmisión digital son descritas en la Sección 2.3.2.

La compensación de las diferencias de fase entre las velocidades de escritura y lectura en equipo de conmutación digital a través de memorias elásticas permite el funcionamiento apropiado de la red de sincronización. La magnitud mínima de la memoria elástica que debe ser utilizada para cualquier enlace de 64 kbit/s es de 32 bits.

## 6.2 RED DE SINCRONIZACION

La red de sincronización se considera para su análisis como dividida en las tres secciones siguientes:

- 1. RED INTERNACIONAL
- 2. RED INTERURBANA
- 3. RED URBANA

Las características de estas redes se describen a continuación:

### 6.2.1 RED INTERNACIONAL

La estructura jerárquica correspondiente a la Red Internacional es la siguiente:

#### JERARQUÍAS

Los nodos que conforman la Red Internacional pertenecen principalmente a los niveles jerárquicos NA con uso de reloj Tipo I y NI con uso de reloj Tipo II. La notación de conmutación y simbología para estos nodos se muestra en la Tabla 6.1.

JERARQUÍA DE SINCRONIZACIÓN	JERARQUÍA DE CONMUTACIÓN	TIPO DE RELOJ
NA	CI-1	TIPO I
NI	CI-2 CI-3	TIPO II

CI-1: CENTRO INTERNACIONAL-1  
 CI-2: CENTRO INTERNACIONAL-2  
 CI-3: CENTRO INTERNACIONAL-3

Tabla 6.1

El reloj del Nivel NA deberá ser considerado como referencia nacional y su modo de operación será pleisócrono con respecto a cualquier otro reloj nacional o internacional. Este modo de operación hace independiente al reloj de referencia nacional de las referencias de otros países en enlaces internacionales.

#### TASA DE DESLIZAMIENTO

La tasa máxima de deslizamiento aceptada para enlaces internacionales a  $64 \text{ kb/s}$  es un deslizamiento cada 70 días por enlace.

### 6.2.2 RED INTERURBANA

La estructura jerárquica correspondiente a la Red Interurbana es la siguiente:

1. RED INTERNACIONAL.
2. RED INTERURBANA
3. RED URBANA

Las características de estas redes se describen a continuación.

### 6.2.1 RED INTERNACIONAL

La estructura jerárquica correspondiente a la Red Internacional es la siguiente.

#### JERARQUIAS

Los nodos que conforman la Red Internacional pertenecen principalmente a los niveles jerárquicos NA con uso de reloj Tipo I y NB con uso de reloj Tipo II. La jerarquía de conmutación y simbología para estos nodos se muestra en la Tabla 6.3.

JERARQUIA DE SINCRONIZACION	JERARQUIA DE CONMUTACION	TIPO DE RELOJ
(NA)	 CI-1	TIPO I
(NB)	 CI-2  CI-3	TIPO II

CI-1 : CENTRO INTERNACIONAL-1

CI-2 : CENTRO INTERNACIONAL-2

CI-3 : CENTRO INTERNACIONAL-3

Tabla 6.3

El reloj del Nivel NA deberá ser considerado como referencia nacional y su modo de operación será plesiócrono con respecto a cualquier otro reloj nacional o internacional. Este modo de operación hace independiente al reloj de referencia nacional de las referencias de otros países en enlaces interacionales.

#### TASA DE DESLIZAMIENTO

La tasa máxima de deslizamiento aceptada para enlaces internacionales a 64 kbit/s es un deslizamiento cada 70 días por enlace.

### 6.2.2 RED INTERURBANA

La estructura jerárquica correspondiente a la Red Interurbana es la siguiente.

## JERARQUIAS

Los nodos que conforman la Red Interurbana pertenecen principalmente a los niveles jerárquicos NB, NC y ND con uso de reloj Tipo II en los tres niveles. La jerarquía de conmutación y simbología para estos nodos se muestra en la Tabla 6.4

JERARQUIA DE SINCRONIZACION	JERARQUIA DE CONMUTACION	TIPO DE RELOJ
{NB}	 CR	TIPO II
{NC}	 CA	TIPO II
{ND}	 CZ	TIPO II

CR : CENTRO REGIONAL

CA : CENTRO DE AREA

CZ : CENTRO DE ZONA

Tabla 6.4

## TASA DE DESLIZAMIENTO

La tasa máxima de deslizamiento para cualquier conexión correspondiente a la red interurbana es de un deslizamiento cada 5 horas y la tasa máxima de deslizamiento para enlaces entre CALDs (Centros de Acceso a Larga Distancia) es de un deslizamiento cada 7 días.

## METODO DE SINCRONIZACION

El método de sincronización de la Red Interurbana con la referencia nacional será a través del modo Maestro-Eslavo y el Nivel NA o la referencia nacional ejercerá el tipo de control unilateral sobre los Niveles NB, NC y ND.

Se consideran dos opciones en caso de falla de la referencia nacional para mantener el control de la red de sincronización. Las características de las opciones son las siguientes:

**OPCION 1.** Se considera un esquema de sincronización Mútua entre nodos del mismo nivel jerárquico. La estructura de sincronización bajo este concepto se muestra en la Figura 6.1.



MUTUO : METODO MUTUO DE SINCRONIZACION  
 ME : METODO DE SINCRONIZACION MAESTRO-ESCLAVO  
 . LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION

Figura 6.1

OPCION 2 Se considera una referencia nacional redundante, la cual sólo estará activa en caso de fallo de la referencia principal. El método de sincronización de acuerdo con este esquema deberá ser Maestro-Eslavo Jerárquico (Figura 6.2)



MUTUO : METODO MUTUO DE SINCRONIZACION  
 ME : METODO DE SINCRONIZACION MAESTRO-ESCLAVO  
 MEJ : METODO DE SINCRONIZACION MAESTRO-ESCLAVO JERARQUICO  
 . LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION  
 . LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION

Figura 6.2

### 6.2.3 RED URBANA

La estructura jerárquica correspondiente a la Red Urbana es la siguiente

#### JERARQUIAS

Los nodos que conforman la Red Urbana pertenecen principalmente a los niveles jerárquicos ND, NE y NF con uso de reloj Tipo II para el nivel ND y reloj Tipo III para los niveles NE y NF. La jerarquía de conmutación y simbología para estos nodos se muestra en la Tabla 6.5.

JERARQUIA DE SINCRONIZACION	JERARQUIA DE CONMUTACION	TIPO DE RELOJ
ND	I TANDEM	TIPO II
NE	CL	TIPO III
NF	CONCENTRADDR	

CL : CENTRAL LOCAL

Tabla 6.5

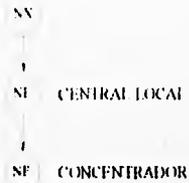
#### TASA DE DESLIZAMIENTO

La tasa máxima de deslizamiento para cualquier conexión local es de un deslizamiento cada 5 horas y la tasa máxima de deslizamiento para cada enlace entre Centrales es de un deslizamiento cada 12 horas.

#### REDES DE CONMUTACION

Se consideran para Redes de Conmutación Urbanas tres tipos de topologías. Estos tipos y sus características son las siguientes:

**RED UNICENTRAL.** En esta topología de red, las Centrales Locales de la red están ubicadas en el Nivel NE y actúan como esclavas del reloj del CALD del cual son dependientes (Figura 6.3).



NX = NA, NB, NC ó ND  
 . LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION

Figura 6.3

**RED MULTICENTRAL SIN TANDEM** En esta topología de red, las Centrales Locales (al igual que en Red Unicentral) de la red están ubicadas en el Nivel NE y actúan como esclavas del reloj del CALD del cual son dependientes. En este caso, en ocurrencia de una falla del reloj a través del cual son controladas las Centrales Locales, se consideran las dos opciones de sincronización siguientes:

a) Método Mútuo de Sincronización entre Centrales Locales. Este tipo de control entre Centrales Locales aplicará para redes de relativa poca complejidad (alrededor de 10 Nodos de Sincronización involucrados). La configuración de esta topología se muestra en la Figura 6.4.



NX = NA, NB, NC ó ND  
 . LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION  
 - - - SINCRONIZACION MUTUA

Figura 6.4

b) Método Maestra-Eslavo Jerárquico entre Centrales Locales. Se considera la utilización de un reloj maestro alterno del Tipo II en la configuración mostrada en la Figura 6.5.



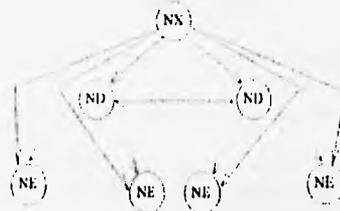
NX = NA, NH, NC o ND

- LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION
- LINEA ALTERNA DE SINCRONIZACION

Figura 6.5

**RED MULTICENTRAL CON TANDEM.** En esta topología de red, las Centrales Locales se encuentran ubicadas en el Nivel NE con un reloj Tipo III y el Tandem o Tandems en el Nivel ND con un reloj Tipo II. El método de sincronización para las Centrales Locales será de Maestro-Escavo Jerárquico correspondiendo a reloj Maestro el del CALD asociado

En caso de ocurrencia de una falla del reloj principal, las Centrales Locales deberán sincronizarse con su Tandem correspondiente. La sincronización entre Tandems deberá ser de Tipo Mútuo como se muestra en la Figura 6.6.



NX = NA, NH, NC o ND

- LINEA DIRECTA DE SINCRONIZACION
- - - LINEA ALTERNA DE SINCRONIZACION
- SINCRONIZACION MUTUA

Figura 6.6

## 7 ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LA RED DIGITAL INTEGRADA

En este Capítulo se hace el análisis funcional de las características operacionales de los elementos que constituyen la estructura de la Red Digital Integrada que existe actualmente en Teléfonos de México. El propósito es conocer la infraestructura de la red de comunicaciones que servirá como punto de partida para la implantación progresiva de los elementos, funciones y operación que constituirán finalmente una Red Digital de Servicios Integrados en México

### 7.1 ESTRUCTURA DE LA RDI DE TELEFONOS DE MEXICO

En la Red Digital Integrada (IDN, Integrated Digital Network), el término integrada se refiere precisamente al conjunto de técnicas digitales utilizadas en la transmisión de señales de voz y datos. El concepto de RDI se encuentra actualmente en uso en nuestro país. El bloque básico que constituye a la RDI telefónica es un procesador PCM de señales de voz a 64 kbit/s. La señal de voz digitalizada a 64 kbit/s ha sido utilizada como un estándar en la conmutación de circuitos, multiplexaje digital y sistemas de transmisión.

La RDI, en concepto, se basa en la construcción de una infraestructura de tecnología digital con medios y sistemas de transmisión propios que en interacción con la RTPC (Red Telefónica Pública Conmutada) proporciona diversos servicios para la satisfacción de necesidades de comunicaciones. Las principales características de la RDI son:

- 1) Atención rápida y eficaz a las demandas de servicios de comunicación de acuerdo con el propósito de alta disponibilidad de red.
- 2) Atención continua basada en los programas permanentes de mantenimiento correctivo y preventivo.
- 3) Utilización de medios de transmisión con probabilidad de falla mínima (sistemas de Fibra Óptica y Radios Digitales) para mantener una alta calidad de transmisión y confiabilidad de red.
- 4) Servicios avanzados de comunicación de voz y datos.
- 5) Acceso digital a nodos de usuario de tecnología analógica.
- 6) Incremento de la relación confiabilidad a costo que proporciona la tecnología digital.
- 7) Establecimiento de las bases conceptuales y de infraestructura para la implementación de la RDSI en México.

Los servicios proporcionados por la RDI son:

- 1) Troncales digitales de alta velocidad para la transmisión de datos a 64 kbit/s y 2.048Mbit/s sin necesidad de modems.
- 2) Acceso digital para infraestructuras de comunicación analógicas de usuarios a través de Concentradores o Multiplexores.
- 3) Acceso a la RTPC convencional.
- 4) Facilidades de marcación directa.
- 5) Concepto y facilidades de Red Privada Virtual.
- 6) Facsímil.

La estructura global de la RDI está fundamentada en los tres conceptos siguientes:

### 1) CENTRALES DIGITALES DE CONMUTACION DE CIRCUITOS

La Red de Centrales Digitales de Conmutación de Circuitos actualmente soporta los servicios conmutados y se proyecta para ofrecer de manera integral los servicios convencionales de voz, datos y un amplio conjunto de servicios suplementarios

### 2) MEDIOS DE TRANSMISION DIGITAL PCM URBANOS

La Red de Medios de Transmisión Digital PCM Urbana (Red Digital Integrada) está constituida en base a sistemas de transmisión e interconexión PCM a nivel Urbano (F O. y Radio Digital) ofreciendo facilidades para el transporte de información digital de baja, media y alta velocidad por medio de circuitos dedicados punto a punto.

### 3) MEDIOS DE TRANSMISION DIGITAL PCM INTERURBANOS

La Red de Medios de Transmisión Digital PCM Interurbana soporta los requerimientos de transmisión de Larga Distancia y está constituida por sistemas de transmisión e interconexión PCM a nivel Interurbano (Red de Larga Distancia de Microondas Digitales Terrestres y el Sistema de Satélites de México) ofreciendo facilidades para el transporte de información digital de baja, media y alta velocidad por medio de circuitos dedicados punto a punto.

La RDI de Teléfonos de México esta constituida por nodos de conmutación y transmisión configurados en una estructura de red jerárquica considerando la clasificación siguiente:

- 1) Nodos TELCOM de primer nivel
- 2) Nodos TELMIC de primer nivel
- 3) Nodos TELMIC de segundo nivel
- 4) Puntos de Concentración
- 5) Nodos de Usuario

## 7.2 NODOS TELCOM

### 7.2.1 CARACTERISTICAS DE UN NODO TELCOM

Los nodos TELCOM constituyen la Red de Centrales Digitales de Conmutación de Circuitos y por tanto en ellos se localiza el Equipo de Conmutación Digital de la red.

### 7.2.2 EQUIPO DE CONMUTACION

La RDI emplea los Sistemas de Conmutación de Circuitos o Centrales de Conmutación Digital siguientes:

1. SISTEMA AXE ERICSSON
2. SISTEMA ALCATEL 1240

Las características básicas de estos sistemas de conmutación son descritas a continuación.

### 7.2.2.1 SISTEMA DE CONMUTACION DIGITAL AXE ERICSSON

La Central Digital AXE Ericsson es un sistema de conmutación telefónica incluido en la configuración como Nudo TELCOM que emplea control por programa almacenado y opera bajo el concepto de control centralizado, está constituido totalmente por tarjetas de circuito impreso con componentes basados en tecnología VLSI. El sistema es modularmente evolutivo y en su forma básica ofrece los servicios convencionales de telefonía y funciones de mantenimiento implementables a través de bloques funcionales. Esto permite el diseño con sistemas AXE de una amplia variedad de redes con características específicas y diversas para aplicaciones en Centrales Locales, FANDEMs, de Tráfico, Tráfico Móvil Celular y Centros de Conmutación Internacional. Para aplicación en RDI como Centrales Locales se implementa el uso de conmutación distribuida mediante unidades remotas de abonado (Concentradores RSS, Remote Subscriber Switching). La Figura 7.0 muestra el aspecto físico del equipamiento que constituye la Central de Conmutación AXE.



Figura 7.0 a Hardware AXE

La Figura 7.0 a muestra el hardware que constituye una Central AXE, en tanto, la Figura 7.0 b muestra un magazín con tarjetas de circuito impreso, también pertenecientes a la Central AXE.

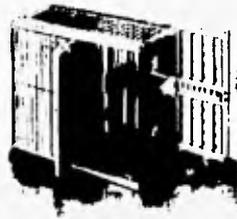


Figura 7.0 b Magazin con tarjetas de circuito impreso de la Central AXE.

La Central AXE (Figura 7.1) esta constituida por los dos sistemas siguientes:

- i) Sistema de Conmutación APT 210 10.
- ii) Sistema de Control APZ 212 01.

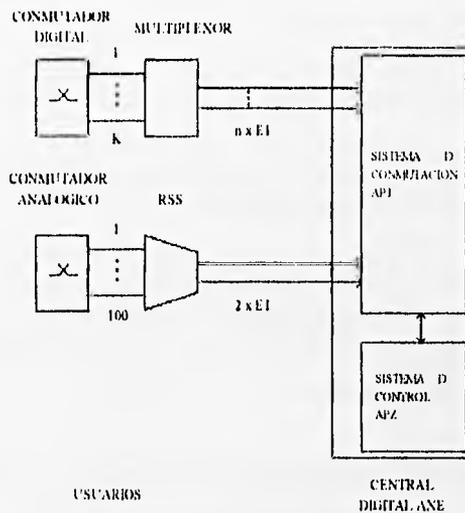


Figura 7.1 Central Digital AXE ERICSSON.

El Sistema de Conmutación APT 210 10 consta de subsistemas basados en las condiciones y requerimientos de las funciones de manejo de tráfico, operación y mantenimiento. Su estructura es básicamente de Hardware. Realiza dos tipos de funciones: de Rutina y Ejecutivas Complejas dividiéndose, por tanto el Software, en Central y Regional.

Las funciones realizadas por el APT y el APZ son:

- a) Funciones de Abonado (Facilidades de abonado)
  - i) Despertador y servicio de recordar
    - El abonado puede marcar en su terminal de casa a la que quiere su centralita.
  - ii) Transferencia de llamada
    - El abonado puede recibir llamadas que le llegan a su número o a cualquier otro número dentro de un área específica.
  - iii) Marcación atendida
    - Un código de una o dos cifras responde a un número grande o a un número que se usa frecuentemente. La capacidad es de hasta 100 números diferentes por abonado.
  - iv) Conexión sin marcación (Hot Line)
    - El abonado necesita únicamente levantar su microcélula para ser conectado a un número preestablecido ya sea directamente o después de un lapso corto (p. ej. 5 segundos). Si el abonado marca un dígito antes de que pase ese lapso, podrá usar su teléfono de manera usual.
  - v) Opción para preguntar
    - El abonado oprime un botón para abonar entre dos llamadas.
  - vi) Conferencia tripartita
    - Tres abonados pueden conversar simultáneamente.
  - vii) Llamada en espera
    - El abonado oye un ligero tono cuando es llamado por un tercer abonado durante una conversación en progreso. Esta facilidad también incluye opción para preguntar.
  - viii) Desviación
    - Esta facilidad se tiene en dos variantes: desviación cuando el abonado llamado está ocupado y desviación cuando el abonado o no está o no se encuentra. Una característica de ambas variantes es que la desviación se realiza hacia algún otro número programado por el abonado.
- b) Supervisión del estado de Líneas de abonado y troncales entre Centrales.
- c) Establecimiento de conexiones y desconexiones en la red de conmutación.
- d) Control de supervisión de la conexión y desconexión de enlaces de habla.
- e) Almacenamiento y análisis de cifras recibidas para el tratamiento de las llamadas de acuerdo a tarifa, categoría y enrutamiento.
- f) Desarrollo de tasación de llamadas por:
  - i) Toll-Ticketing.
  - ii) Impulsos.
- g) Desarrollo de funciones y procedimientos para supervisión, localización y reputación de fallas.
- h) Capacidad para implementación del Plan de Señalización No. 7.
- i) Capacidad para implementación de funciones de telefonía móvil celular.
- j) Funciones diversas para la supervisión de la operación de la red.

Por otra parte, el Sistema de Control APZ desarrolla básicamente las funciones de procesamiento de información y su estructura está conformada por Software. La lógica del sistema se encuentra parcialmente distribuida en dos niveles, el primer nivel está constituido por un procesador central de trabajo sincrónico paralelo, el segundo nivel está constituido por un conjunto de procesadores regionales duplicados trabajando por distribución de carga. El sistema APZ 212 01 instalado en los nodos de conmutación TELCOM de la red está diseñado para

- a) Servicios de Abonado (facilidades de abonado)
  - i) Despertador y servicio de recordar.  
El abonado puede marcar en su teléfono la hora a la que quiere ser despertado
  - ii) Transferencia de llamada.  
El abonado puede desviar llamadas que le llegan a su número o a cualquier otro número dentro de un área específica
  - iii) Marcación abreviada  
Un código de una o dos cifras reemplaza a un número grande o a un número que se usa frecuentemente. La capacidad es de hasta 100 números diferentes por abonado
  - iv) Conexión sin marcación (Hot Line)  
El abonado necesita únicamente levantar su microteléfono para ser conectado a un número preestablecido, ya sea directamente o después de un lapso corto (p. ej. 5 segundos), si el abonado marca un dígito antes de que pase ese lapso, podrá usar su teléfono de manera usual
  - v) Opción para preguntar.  
El abonado oprime un botón para alternar entre dos llamadas
  - vi) Conferencia tripartita  
Tres abonados pueden conversar simultáneamente.
  - vii) Llamada en espera.  
El abonado oye un ligero tono cuando es llamado por un tercer abonado durante una conversación en progreso. Esta facilidad también incluye opción para preguntar.
  - viii) Desviación.  
Esta facilidad se tiene en dos variantes: desviación cuando el abonado llamado está ocupado y desviación cuando el abonado o no está o no se encuentra. Una característica de ambas variantes es que la desviación se realiza hacia algún otro número programado por el abonado.
- b) Supervisión del estado de Líneas de abonado y troncales entre Centrales.
- c) Establecimiento de conexiones y desconexiones en la red de conmutación.
- d) Control de supervisión de la conexión y desconexión de enlaces de habla.
- e) Almacenamiento y análisis de cifras recibidas para el tratamiento de las llamadas de acuerdo a tarifa, categoría y enrutamiento
- f) Desarrollo de tasación de llamadas por:
  - i) Toll-Ticketing.
  - ii) Impulsos.
- g) Desarrollo de funciones y procedimientos para supervisión, localización y reparación de fallas.
- h) Capacidad para implementación del Plan de Señalización No. 7.
- i) Capacidad para implementación de funciones de telefonía móvil celular.
- j) Funciones diversas para la supervisión de la operación de la red.

Por otra parte, el Sistema de Control APZ desarrolla básicamente las funciones de procesamiento de información y su estructura está conformada por Software. La lógica del sistema se encuentra parcialmente distribuida en dos niveles, el primer nivel está constituido por un procesador central de trabajo síncrono paralelo, el segundo nivel está constituido por un conjunto de procesadores regionales duplicados trabajando por distribución de carga. El sistema APZ 212 01 instalado en los nodos de conmutación TELCOM de la red está diseñado para

sistemas de alta capacidad (200000 usuarios aproximadamente) y ofrece la facilidad de evolución hacia la RDSI

El sistema APZ desarrolla las siguientes funciones

- a) Comunicación Hombre-Máquina en forma de comandos y mensajes impresos
- b) Manejo de dispositivos de Entrada y Salida de datos
- c) Aceptación de protocolos diversos para la recepción de datos
- d) Realiza la gestión de archivos, administración de trabajos, carga y cambio de programas
- e) Localización de fallas en Hardware y errores en software para minimización de sus efectos

#### **CONCENTRADOR RSS (REMOTE SUBSCRIBER SWITCHING)**

El Concentrador RSS proporciona la función de interfaz entre nodos de usuario de infraestructura analógica remota y la Central digital AXE exclusivamente. Esta implementación permite ofrecer todas las facilidades digitales de la central a los usuarios de infraestructura analógica.

En el Capítulo 9 se describen a nivel detallado las características operacionales del sistema de conmutación AXE y el concentrador RSS para la implementación del sistema de señalización CCITT No. 7 y su referenciación con el Modelo OSI

#### **7.2.2.2 SISTEMA DE CONMUTACION DIGITAL S-1240 ALCATEL INDETEL**

El sistema de Conmutación Digital S-1240 Alcatel Indetel es un sistema de conmutación telefónica con funciones de control y conmutación totalmente distribuidas basadas en software. Su diseño es modular y se basa en el uso de componentes LSI y VLSI. La arquitectura distribuida del sistema puede aplicarse para Centrales Locales, TANDEM, de Tránsito Nacional e Internacional, Centrales Combinadas y presenta la facilidad de evolución a la RDSI. El concepto de conmutación distribuida se realiza mediante el uso de Unidades de Abonado Remotas como concentradores SPCM (Subscriber PCM) e ICON (ISDN Concentrator).

El Sistema 12 está conformado por una Red Digital de Conmutación interconectada a módulos terminales de funciones específicas (Figura 7.2). La Red Digital de Conmutación es el núcleo del sistema y consiste en pares de conmutadores de acceso que distribuyen el tráfico desde los módulos terminales hacia los planos del conmutador de grupo. Con una capacidad de cuatro planos, el sistema soporta 100000 líneas. El concepto de control distribuido y las características operacionales del sistema permiten el establecimiento de rutas, acceso total, baja probabilidad de bloqueo, resistencia a sobrecarga de tráfico y supervisión del funcionamiento del sistema.

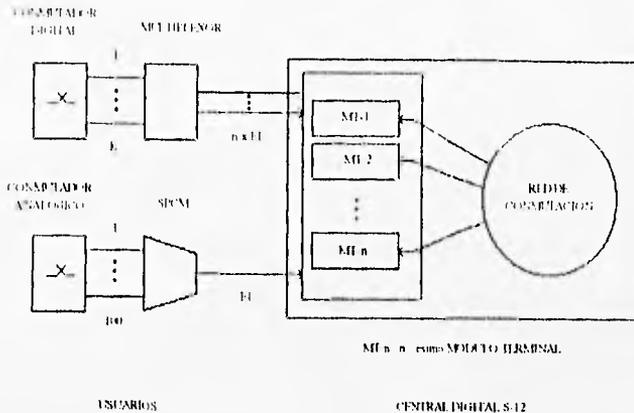


Figura 7.2 Central Digital S-12 ALCATEL INDETEL.

Los módulos terminales son conectados a la Red de Conmutación mediante una interfaz para la realización de las funciones de manejo de líneas y enlaces, generación de señales de reloj, gestión de interfaz Hombre-Máquina, etc. Los módulos que conforman el sistema son los siguientes.

- a) Módulo de enlaces digitales
- b) Módulo de interfaz de unidad remota de abonado.
- c) Módulo de circuitos de servicio.
- d) Módulo de mantenimiento y periféricos.
- e) Módulo de reloj y tonos.
- f) Módulo de interfaz de operadora
- g) Módulo de prueba de enlaces.

Las funciones principales proporcionadas por el sistema son las siguientes:

- a) Funciones de Abonado (con la implementación de ICON)
  - i) Marcación abreviada.
  - ii) Transferencia de llamada a otro abonado, operadora o locución.
  - iii) Conferencia hasta cinco usuarios.
  - iv) Despertador automático y recordatorio.
  - v) Rellamada de mantenimiento.
  - vi) Línea Directa (Hot Line).
  - vii) Tratamiento de llamadas maliciosas.
  - viii) Retención y transferencia de llamadas
  - ix) Restricción de servicio, etc.
- b) Análisis de dígitos y números.
- c) Rutas primarias y alternas en forma manual (a través de comandos) o automática.
- d) Tasación de llamadas

- i) A tanto alzado
  - ii) De Karlsson
  - iii) Sincronización
  - iv) Por impulsos múltiples
- e) Señalización  
El sistema soporta todos los diferentes sistemas de señalización entre Centrales nacionales e internacionales
- f) Supresión digital de eco
  - g) Evaluación del servicio.

### **CONCENTRADOR SPCM (SUBSCRIBER PCM)**

El Concentrador SPCM proporciona la función de interfaz entre nodos de usuario de infraestructura analógica remota y la Central digital S-1240 exclusivamente. Esta implementación permite ofrecer todas las facilidades digitales de la Central a los usuarios de infraestructura analógica

Para los servicios conmutados, los cuales son proporcionados al usuario a través de un acceso de Primer Orden ó E1 (30 CTs), las Centrales de Conmutación consideran un umbral de tráfico máximo por Canal Telefónico ó Troncal de 0.7 Erlangs, es decir, consideran que el tiempo máximo durante el cual un CT estará ocupado será el 70 % de un intervalo de tiempo considerado, encontrándose desocupado el 30 % restante del tiempo.

## **7.3 NODOS TELMIC**

### **7.3.1 CARACTERÍSTICAS DE UN NODO TELMIC**

Los nodos TELMIC constituyen la Red de medios de transmisión digital PCM Urbana en base a la utilización de sistemas de transmisión de Fibra Óptica y enlaces de Radio Digitales para el transporte de información. Los Nodos TELMIC se encuentran clasificados dependiendo de las capacidades y funciones de red que desarrollan. La clasificación es la siguiente:

a) Nodo TELMIC de primer nivel.

Desarrolla las funciones de concentración y distribución del tráfico proveniente de los nodos TELMIC de segundo nivel.

b) Nodo TELMIC de segundo nivel.

Desarrolla las funciones de concentración del tráfico proveniente de los Nodos de Usuario y Puntos de Concentración y distribución y enrutamiento a través de sistemas de alta capacidad hacia Nodos de Primer Nivel.

c) Puntos de Concentración.

Desarrolla las funciones de conexión y concentración del tráfico de un grupo de usuarios (concepto de Edificio Corporativo) para optimización del aprovechamiento de las capacidades del equipo, distribución y enrutamiento de la información hacia un Nodo de segundo o primer nivel.

### 7.3.2 EQUIPOS DE MULTIPLEXAJE Y TRANSMISION

El equipo de multiplexaje implementado desarrolla el multiplexaje de acuerdo a los estándares CEPT para primero, segundo, tercero y cuarto orden equivalentes a 30, 120, 480 y 1920 Canales Telefónicas digitales respectivamente. El diseño compacto del equipo está basado en el uso de tecnología de montaje de superficie, componentes VLSI de familias CMOS, características que propician la optimización de espacio y energía eléctrica consumidos. Dependiendo de las características específicas del equipo se consideran las siguientes opciones de multiplexaje:

- a) Estándar  
2/8 Mbit/s, 8/34 Mbit/s y 34/140 Mbit/s
- b) Skip  
2/34 Mbit/s y 8/140 Mbit/s
- c) Inserción/Extracción  
34/8 Mbit/s, 34/2 Mbit/s, 140/34 Mbit/s y 140/8 Mbit/s.

La configuración y programación de las características operacionales y de monitoreo y mantenimiento de los equipos de multiplexaje es a través de Software

### 7.4 NODOS DE USUARIO

Los Nodos de Usuario representan los puntos de generación de la información de usuario. La complejidad de la infraestructura de los nodos de usuario depende básicamente de sus necesidades de comunicación y su confiabilidad. El equipo de telecomunicaciones puede consistir desde un PABX con las facilidades que este proporciona hasta sofisticados multiplexores inteligentes capaces de desarrollar procedimientos de monitoreo de red, alojamiento de ancho de banda dinámico, desbordamiento automático de tráfico, multiplexaje y conectividad para controladores de comunicaciones y equipo de procesamiento de datos, multiplexaje de voz y datos, compresión de canales de voz, control para comunicación sincrónica y asincrónica y conversión de Ley A a Ley m y viceversa.

Las velocidades de transmisión de los enlaces a través de los cuales se proporciona la conexión a la red del nodo del usuario es variable y también dependiente de sus necesidades de comunicación. Los accesos son básicamente a nivel de E0s, E1s ó Primer Orden, Segundo, Tercero y hasta Cuarto Orden bajo el concepto de jerarquías CEPT.

El acceso del nodo de usuario a la RTPC es a través de sistemas de Primer Orden; E1, los enlaces conmutados de acuerdo con este acceso operan bajo el concepto de Marcación Directa o DID (Direct Dial) el cual está basado en la optimización del uso, en cuanto a nivel de tráfico, del E1, es decir dado que el E1 está conformado por 30 troncales o canales telefónicos disponibles para transmisión de conversaciones telefónicas, se asocian a este un total, no de treinta líneas de abonado, sino de 100 líneas de abonado manteniéndose una relación aproximadamente de 4 a 1, o bien 4 líneas de abonado por Troncal o Canal Telefónico, cada línea con la capacidad de marcación entrante desde la RTPC.

## 7.5 ENRUTAMIENTO

El procedimiento de asignación de rutas en la Red Digital Integrada se basa en las facilidades que proporciona la red de sistemas troncales implementados para comunicación entre nodos de la red (de una cobertura geográfica específica), la disponibilidad de los sistemas a nivel de E1 y E0 en los enlaces troncales y el tipo de enlace y facilidades requeridas por el usuario y que pueden ser cubiertas por la red.

Las características y consideraciones para el enrutamiento de un sistema son las siguientes:

a) Necesidades de comunicación del usuario.

En base a las necesidades de comunicación del usuario, para el establecimiento de la ruta de los sistemas, se consideran los siguientes aspectos:

i) Tipos de enlace. Se consideran para el establecimiento de rutas, dos tipos de enlaces, enlaces conmutados y enlaces dedicados. El enrutamiento de un enlace conmutado implica proporcionar el medio de transmisión para dar acceso al usuario RDI a las facilidades de la Red Telefónica Pública Conmutada convencional, estableciendo la ruta del nodo de usuario a una Central de conmutación. Un enlace dedicado implica el proporcionar el medio de transmisión para establecer comunicación entre dos nodos de usuario haciendo uso de la infraestructura de transmisión de la red, pudiendo este servicio ser punto a punto o punto a multipunto.

ii) Tipo de acceso. Se consideran para el establecimiento de rutas, los tipos de acceso E1 correspondiente a 2 0-48 Mbit/s y E0 correspondiente a 64 kbit/s, la capacidad del sistema y la naturaleza de la aplicación de los sistemas. La capacidad de un sistema es medida por la velocidad de transmisión y depende de las necesidades de comunicación del usuario.

iii) Confiabilidad de sistemas. Se considera en el enrutamiento para un alto grado de confiabilidad sistemas en configuración 1+1 para ambos tipos de medios de transmisión fibra óptica y radioenlace digital.

b) Disponibilidad de los recursos de la red

La asignación de rutas a sistemas se determina también en base a los recursos de la red y la disponibilidad de estos para un sistema dado de acuerdo a las siguientes características:

i) Medio de transmisión. Se considera para el enrutamiento, los medios de transmisión fibra óptica y radioenlace digital para comunicar al usuario con la red dependiendo de su ubicación geográfica y la factibilidad de implementación de un medio de transmisión determinado.

ii) Facilidades de monitoreo. Se consideran para enrutamiento las facilidades de monitoreo a través de DACS insertando en la ruta nodos que poseen esta facilidad. Las opciones de reenrutamiento en caso de pérdida del enlace de un sistema solo pueden ser efectuadas en forma manual.

iii) Redundancia en sistemas. El enrutamiento para redundancia de sistemas considera en la totalidad de estas configuraciones 1+1 con implementación de enrutamiento diversificado (las rutas de los sistemas de trabajo y respaldo del mismo sistema son distintas) del enlace.

Las características de la red y los equipos de control que la constituyen no proporcionan las facilidades de reenrutamiento automático o inteligencia capaz de gestionar el procedimiento de reenrutamiento para el desbordamiento de tráfico de sistemas dañados o con problemas en el medio de transmisión. La implementación de procedimientos avanzados para gestión y mantenimiento de red son característicos del esquema de RDSI y permitido por la estructura de su

sistema de señalización (CCITT No 7), la descripción de la aplicación y operación de estos procedimientos referidos al sistema de señalización CCITT No 7 se hace en los Capítulos 8 y 9

## **7.6 CENTRO DE CONTROL DE RED DE LA RDI**

### **7.6.1 CARACTERISTICAS DEL CENTRO DE CONTROL DE RED DE LA RDI**

La administración de los recursos y facilidades de la Red Digital Integrada, contempla la labor de un Centro de Control de Red CCR, que desempeña las funciones asociadas a la administración de recursos y facilidades de operación y mantenimiento de la red así como atención a la problemática de los usuarios. El CCR concentra además la totalidad de la información referente a los sistemas de los usuarios conectados a la red con el propósito de facilitar y agilizar las actividades de mantenimiento correctivo en casos de falla. El CCR también desarrolla labores de monitoreo de red y equipos de supervisión constitutivos de cada nodo.

### **7.6.2 EQUIPOS DE MEDICION**

La labor de mantenimiento correctivo a nivel de equipos de transmisión es desarrollada con el uso de equipos de medición que aplicados al medio de transmisión permite el estudio y monitoreo del medio y las estructuras de trama CEPT en sus diferentes niveles jerárquicos utilizados en la red. El procedimiento correctivo auxiliado por equipos de medición, consiste en el desarrollo de pruebas básicas para la medición de la calidad y continuidad del medio de transmisión. En condiciones de ausencia de tráfico en el enlace se considera la Recomendación G 821 del CCITT para análisis de la calidad del medio de transmisión (Anexo 4.A). Los siguientes equipos de medición utilizados en la red soportan este tipo de prueba:

- a) Analizador de trama 2048/64 kbps, PRA-1 Wandel & Goltermann.
- b) Analizador PCM, PA-20 Wandel & Goltermann.
- c) Monitor de canal de acceso, INTERCEPTOR 264 TTC (Telecommunications Techniques Corporation).
- d) Analizador de comunicaciones, INTERCEPTOR 1402 TTC (Telecommunications Techniques Corporation).
- e) Analizador de transmisión digital, SI 7714 Schlumberger.

Para la aplicación de la Rec. G 821 es necesario disponer de la totalidad del medio de transmisión punto a punto con el equipo en un extremo y Loop Back (Circuito Cerrado) en el otro extremo para la medición bidireccional del medio de transmisión.

El desarrollo de mediciones bajo condiciones de tráfico se realiza con la conexión en paralelo del equipo PRA-1 W&G para efectuar un análisis de la información en curso transmitida en ambas direcciones del enlace y permitir la identificación de la fuente de problemas ya sea a nivel de medio de transmisión o equipo terminal

### 7.6.3 FUNCIONES DEL EQUIPO DACS II (DIGITAL ACCESS AND CROSS-CONNECT SYSTEM II) DE AT&T

El DACS II es un sistema interactivo controlado por comandos (mensajes) a través de software. Dado que está basado en software, es un sistema controlado por procesadores múltiples. Las señales digitales en el nivel 0 (DS0 y E0 CCITT CEPT), pueden ser conectadas (conectadas a través) y accedidas para prueba. El sistema puede manejar hasta 640 sistemas de 2.048 Mbit/s. El DACS II puede efectuar la conexión de cualquier canal en el nivel cero a cualquier otro canal por comando, desde una terminal de operaciones local o remota. Adicionalmente a la conexión y funciones de acceso de prueba, el DACS II proporciona la facilidad de monitoreo de desempeño, mantenimiento de equipo y capacidades de procesamiento multipunto de señales digitales.

*Característica CEPT.* La versión CEPT del DACS II proporciona las características comunes en los ambientes de telecomunicaciones definidos por el CCITT para facilidades a 2.048 Mbit/s. El formato y velocidad de la señal de línea descritos por el estándar CEPT difiere de los estándares de línea DS1 (Digital Signal-1) utilizados en E.U. El estándar CEPT para velocidad de línea es 2.048 Mbit/s comparado con la velocidad de línea de 1.544 Mbit/s para DS1. El formato de línea difiere en la ubicación de los bits de trama y señalización, la técnica usada para la codificación de la información de voz en canales digitales CEPT es la Ley A en tanto que la Ley  $\mu$  es usada en señales DS1. La señalización para los canales CEPT es portada en un canal específico en vez de en cada canal para tiempos designados con un bit de señalización robado. El canal de señalización designado es realmente un método de transmisión de la señalización fuera de banda.

La capacidad de señalización CEPT del DACS II es establecida por el uso de colligos particulares de Circuitos de Procesamiento de Red (NPCs, Network Processing Circuits) y bloques de sincronización.

*Característica de compuerta.* La característica de compuerta del DACS II habilita la coexistencia de los estándares de 1.544 Mbit/s y 2.048 Mbit/s en el sistema DACS II para conversión y conexión entre los dos estándares.

La característica de compuerta del DACS II proporciona varias funciones. El DACS II efectúa la conversión de la Ley  $\mu$  a la Ley A PCM, proporciona la conversión entre la señalización por bit robado y la señalización por bits abcd, y permite conexiones tanto punto a punto como punto a multipunto para señales digitales en la jerarquía cero. Adicionalmente, el DACS II proporciona un procesador para funciones de monitoreo y mantenimiento del rendimiento para una conversión y transmisión eficiente.

*Enlaces de administración del DACS II.* El DACS II puede ser administrado (manejado u operado) desde una terminal local o remota desde un sistema operativo (OS) conectado via un enlace administrativo.

## 8 ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LA RDSI

En este Capítulo se establecen las características que debe presentar una Red Digital para ser considerada como de servicios integrados así como las implicaciones y requerimientos que representa para el usuario de la RDSI. Estas características deberán ser implantadas en forma progresiva a la estructura de red denominada RDI y la cual ha sido estudiada en el Capítulo anterior, este proceso de implantación progresiva representa entonces la fase evolutiva que constituirá finalmente la integración de los servicios digitales en una red única.

### 8.1 CONCEPTO DE RDSI Y PERSPECTIVA DEL USUARIO RDSI

Como se estableció anteriormente, la Red Digital de Servicios Integrados está basada en una red telefónica completamente digital llamada RDI. Si a esta red se le agregan líneas de abonado completamente digitales de alta capacidad y con el sistema de señalización CCITT No. 7, se podrán ofrecer nuevas y económicas facilidades de comunicaciones RDSI:

Las siguientes características constituyen el concepto de RDSI.

- a) La RDSI está basada en la evolución de la RDI telefónica y la adición de funciones y características a esta
- b) Planeación funcional de un conjunto de protocolos y la tendencia a su uniformización manteniendo la compatibilidad con anteriores y futuros protocolos.
- c) Transición gradual de RDI a RDSI.
- d) Nuevos servicios compatibles con las conexiones digitales conmutadas a 64 kbit/s de la RDI; y
- e) Arreglos durante la transición para proporcionar la interconectividad de servicios RDSI y servicios de otras redes bajo el concepto de interoperabilidad (interworking) o interfuncionamiento

La RDSI es un concepto para una futura Red Digital de Telecomunicaciones que está concebida para proporcionar conectividad *punto a punto* y *punto a multipunto* (Sección 8.2.1) para soportar una amplia variedad de servicios incluyendo voz, datos, sonido y servicios de video a través de una variedad de modos de comunicación, basado esto, en un acceso local integrado para una red virtual de capacidades multiservicio totalmente transparente.

#### PERSPECTIVA DEL USUARIO RDSI

El requerimiento primario del usuario es la simplicidad de operación a un costo razonable. La demanda del usuario consiste en una variedad pequeña de interfaces estandarizadas, diferenciadas primeramente, por la velocidad de transmisión. Además un arreglo de acceso único en una oficina de servicios local para todos los servicios y protocolos estandarizados para acceder a varios servicios.

Supóngase por ejemplo, un usuario con una necesidad de servicios de telefonía, teletexto y comunicación de datos, el concepto de RDSI debe proporcionar conectividad a una red RDSI única. Esto significa una sola conexión para todos los servicios, tarifas uniformes y sólo una interfaz con la administración de telecomunicaciones

Las tendencias internacionales parecen estar dirigidas al completo desarrollo de la RDSI y el uso de las Partes de Usuario del sistema de señalización CCITT No 7 para satisfacer los requerimientos que implica la perspectiva del usuario.

## 8.2 ACCESOS E INTERFACES USUARIO-RED DE LA RDSI

Con el objeto de eliminar los problemas surgidos en el campo del procesamiento de datos debido al empleo de estándares diferentes y permitir entonces a través de RDSI la implementación de un gran número de aplicaciones y configuraciones mediante un pequeño número de interfaces usuario-red compatibles, el CCITT por medio de la descripción de *configuraciones de referencia* ha establecido reglas normalizadas universales y ha definido varios accesos e interfaces

Las recomendaciones del CCITT especifican los 3 tipos de acceso de usuario siguientes:

- i) ACCESO BASICO
- ii) ACCESO PRIMARIO
- iii) ACCESO HIBRIDO

Los accesos están constituidos por un arreglo de canales digitales y cuya definición es la siguiente

CANAL B Es un canal digital bidireccional con una velocidad de 64 kbit/s

CANAL D Es un canal digital bidireccional con velocidad de 16 kbit/s (acceso básico) o 64 kbit/s (acceso primario).

CANAL H0. Es un canal digital bidireccional con velocidad de 384 kbit/s

CANAL H11. Es un canal digital bidireccional con velocidad de 1536 kbit/s

CANAL H12. Es un canal digital bidireccional con velocidad de 1920 kbit/s

Los principales accesos y estructuras de canal constituidos a partir de los canales B, D, H0, H11 y H12 se muestran en la Tabla 8.1.

Tipo de acceso	Combinaciones de canal	Velocidad de transmisión del circuito de usuario [kbit/s]	Velocidad de transmisión de canal [kbit/s]
BASICO	2B+D	144	64+64+16
	B+D	80	64+16
	D	16	16
PRIMARIO	23B+D	1544	64
	30B+D	2048	64
	H0	1544 ó 2048	384
	H11	1544	1536
	H12	2048	1920

Tabla 8.1 Estructura de accesos y velocidades de transmisión.

Las características de los tipos de acceso básico, primario e híbrido son las siguientes:

**ACCESO BASICO.** Incluye dos canales B a 64 kbit/s y un canal D a 16 kbit/s (2B+D). El canal B acarreará voz PCM estándar, conversación digital a una tasa de 64 kbit/s combinada con datos para el mismo destino o datos adaptados a velocidades para 64 kbit/s vía redes de conmutación de circuitos o conmutación de paquetes.

El canal D acarreará información de señalización para control del canal B, telemetría o datos de conmutación de paquetes a baja velocidad.

**ACCESO PRIMARIO** Soportará los PABXs digitales de servicios integrados o terminales digitales de banda ancha a velocidades de transmisión de 1.544 ó 2.048 Mbit/s

**ACCESO HIBRIDO.** Proporciona la conexión de una línea telefónica analógica conjuntamente con una interfaz de estructura digital.

Las CONFIGURACIONES DE REFERENCIA están establecidas en base a los dos conceptos siguientes:

1. **AGRUPACIONES FUNCIONALES.** Son conjuntos de funciones requeridas para el acceso de los usuarios a la RDSI. Estas funciones pueden ser proporcionadas por uno o varios equipos
2. **PUNTOS DE REFERENCIA.** Son los puntos teóricos que delimitan a las agrupaciones funcionales. Según la implementación adoptada, el punto de referencia puede corresponder a una interfaz física o no.

Las agrupaciones funcionales y los puntos de referencia para los accesos básico y primario son mostrados en las Figuras 8.1 y 8.2.

Las interfaces definidas por el CCITT están asociadas a puntos de referencia a lo largo de la trayectoria de comunicación desde la Central Telefónica a la terminal/telefono en el nodo del usuario. A estas interfaces se les denomina R, S, T, U y V. La Figura 8.1 muestra la ubicación de estas interfaces en una ruta de comunicación que inicia desde la Central o Terminación de Conmutación ET (Exchange Termination) y finaliza en el Equipo Terminal TE (Terminal Equipment) en la sección de usuario.

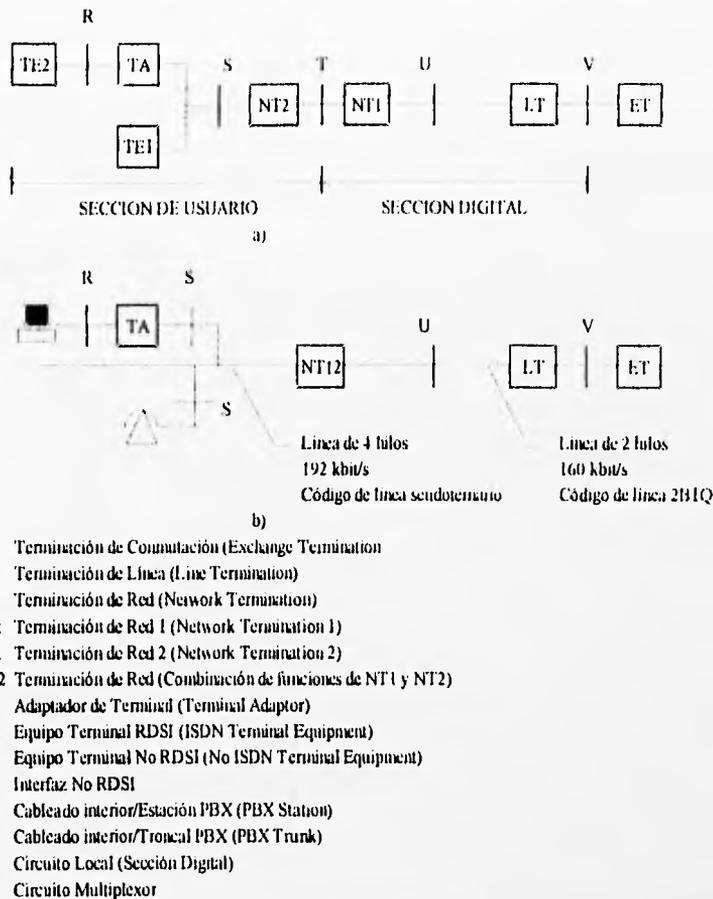


Figura 8.1 a) Interfaz básica RDSI, b) Interfaz básica y equipo de usuario.

En la Figura 8.1 a se encuentran definidas dos terminaciones de red NT1 y NT2. NT1 termina el circuito del suscriptor y permite la interfaz con la terminación de línea LT en la oficina de servicio local. NT1 y NT2 pueden ser combinados o separados de acuerdo a lo determinado por la administración de comunicaciones y restricciones regulatorias del país.

En la sección de usuario, el equipo terminal RDSI (TE1) del usuario se conecta al punto de referencia S ó T. El Equipo Terminal no RDSI (TE2) debe ser conectado a través del punto de referencia R a un Adaptador de Terminal TA.

Dado que la línea convencional del abonado se usa hasta el punto NT (Figura 8.1.b), no se requiere intervenir en la red de la línea de abonado. Los dos hilos aseguran completa comunicación duplex, es decir, transmisión simultánea en ambas direcciones.

La velocidad de transmisión de 160 kbit/s (Figura 8.1.b) se ha dividido en los canales 2B+D ya descritos, considerando además, 12 kbit/s para temporización y estructuración de la trama y 4 kbit/s para el soporte de operaciones de red. Como se ilustra en la Figura 8.1.b, se pueden conectar diferentes tipos de terminales a un bus a 4 hilos. Las terminales con interfaz S pueden ser conectadas directamente a este bus. Terminales que usen otros tipos de interfaces (tales como V.24, V.35 y X.21) se conectan vía un TA.

El punto de referencia V (Figura 8.2) proporciona acceso directo al ET, se definen cuatro puntos de referencia asociados a la interfaz V, estos son V1, V2, V3 y V4. El punto de referencia V1 corresponde al acceso básico, en tanto que V3 corresponde al acceso primario. Los puntos V2 y V4 proporcionan la terminación física para el acceso del usuario a la red a través de un concentrador (V2) o un multiplexor (V4).

La Recomendación I.430 define las características del nivel físico (Sección 8.3) de la interfaz usuario-red que han de aplicarse en los puntos de referencia S o T para la estructura de interfaz de acceso básico. El nivel físico de esta interfaz requiere de un medio de transmisión metálico y balanceado para cada sentido de transmisión capaz de soportar la velocidad de 192 kbit/s.

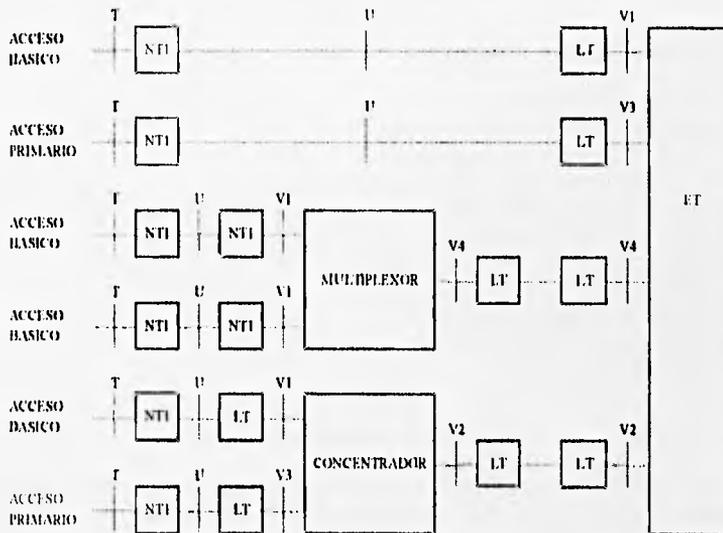


Figura 8.2 Interfaces de acceso RDSL.

## 8.2.1 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Las características del nivel físico del interfaz usuario-red prevén los siguientes dos modos de funcionamiento

1 MODO DE FUNCIONAMIENTO PUNTO A PUNTO. En este modo de funcionamiento, se considera solo la existencia en un momento cualquiera, de un emisor o fuente y un receptor o sumidero (conjuntamente un sólo Equipo Terminal TE) activos en cada sentido de transmisión en un punto de referencia S o T (Este funcionamiento es independiente del número de interfaces que pueden proporcionarse en una configuración de cableado determinada)

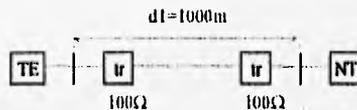
2 MODO DE FUNCIONAMIENTO PUNTO A MULTIPUNTO. En este modo de funcionamiento es permitido que uno o más Equipos Terminales TE (una pareja fuente y sumidero) estén simultáneamente activos en un punto de referencia S o T.

## 8.2.2 CONFIGURACIONES DE CABLEADO

Las topologías de cableado de referencia, las cuales están asociadas a los modos de funcionamiento descritos en la Sección 8.2.1 permiten fijar las características esenciales de la interfaz S/T, estas topologías son las siguientes:

### 1 CONFIGURACION DE CABLEADO PUNTO A PUNTO

Una configuración de cableado punto a punto supone que hay sólo un emisor y un receptor interconectados por un circuito de enlace, es decir, esta configuración previene un transmisor/receptor en cada extremo del cable. La Figura 8.2.a muestra la configuración de cableado punto a punto. El parámetro de atenuación máxima soportada entre los extremos del cable está determinada por el nivel de salida del transmisor y los niveles de entrada del receptor y corresponde a 6 dB a 96 kHz (equivalente a  $d_1=1000\text{m}$  aprox. para un cable típico de 6/10mm). El tiempo máximo de propagación de ida y retorno para cualquier señal que deba ser devuelta de un extremo a otro dentro del periodo de tiempo limitado por los bits E del canal D de eco se sitúa entre 10 y 42  $\mu\text{s}$ . El valor de 10  $\mu\text{s}$  es debido a los dos bits de desplazamiento de trama ( $2 \times 5.2\mu\text{s}=10.4\mu\text{s}$ ) y el valor de 42  $\mu\text{s}$  es debido al retardo máximo permitido de seis bits debido a la distancia y tiempo de procesamiento requeridos entre NT y TE ( $6 \times 5.2\mu\text{s}=31.2\mu\text{s}$ ) y la fracción de 15% del periodo de bit debido a la desviación de fase entre la entrada y la salida del TE.



TE: EQUIPO TERMINAL

tr: RESISTENCIA DE TERMINACION

NT: TERMINACION DE RED

Figura 8.2.a Configuración de cableado punto a punto.

## 2 CONFIGURACION DE CABLEADO PUNTO A MULTIPUNTO

Una configuración de cableado punto a multipunto permite que hayan varias fuentes conectadas al mismo sumidero o varios sumideros conectados a la misma fuente por un circuito de enlace. Estos sistemas de distribución se caracterizan por el hecho de que no contienen elementos lógicos activos que realicen funciones (con excepción de la posible amplificación o regeneración de la señal).

La configuración de cableado punto a multipunto puede ser proporcionada por cualquiera de las dos configuraciones siguientes:

a) **BUS PASIVO CORTO.** En una configuración de bus pasivo corto (Figura 8.2.b), los TEs pueden estar conectados en cualquier punto a lo largo del cable sólo encontrándose condicionados, en cuanto al límite de la longitud de la conexión, por el tiempo máximo de propagación de ida y retorno. El tiempo de propagación de ida y retorno está comprendido entre 10 y 14  $\mu\text{s}$  en condiciones de carga (2  $\mu\text{s}$  en condición sin carga) y este corresponde a una distancia máxima desde la NT, en condiciones de trabajo, de 100 a 200 m (100m en el caso de cables de impedancia de  $75\Omega$  y 200m en el caso de cables de impedancia de  $150\Omega$ ) y los cuales corresponden a la distancia  $d_2$  en la Figura 8.2.b. El número máximo permitido de TEs que pueden ser conectados al bus es de 8 con una longitud de conexión de 10m ( $l$  en la Figura 8.2.b) con el objeto de limitar el desacoplamiento de impedancia y la atenuación de los TEs que podría ser provocada por una concentración de terminales conectados en un mismo punto.

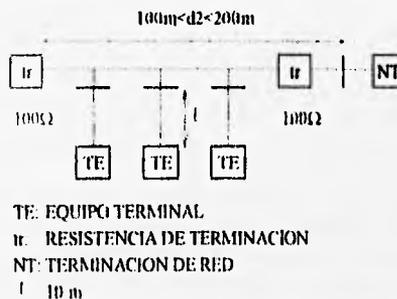
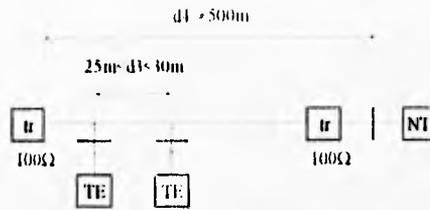


Figura 8.2.b Configuración de bus pasivo corto.

b) **BUS PASIVO EXTENDIDO.** En esta configuración es posible utilizar, como se indica en la Figura 8.2.c, distancias comprendidas entre 100 y 1000 m y es debido a la distribución de los parámetros de atenuación y tiempo de propagación de ida y retorno de la señal, permitiendo entonces, manejar un número de terminales y alcances intermedios con respecto a las configuraciones punto a punto y bus pasivo corto. En la configuración de bus pasivo extendido se aprovecha el hecho de que los puntos de conexión de los terminales deben de estar agrupados en el extremo distante del cable con respecto a la NT.



TE: EQUIPO TERMINAL.  
 tr: RESISTENCIA DE TERMINACION  
 NT: TERMINACION DE RED

Figura 8.2.c Configuración de bus pasivo extendido.

En la configuración de cableado punto a punto, los dos conductores que constituyen el par de los circuitos de enlace pueden invertirse. Por el contrario, en la configuración punto a multipunto, la polaridad de los circuitos de enlace (en la dirección de TE a NT) debe mantenerse entre los TEs.

El conector (RJ-45) RDSI de interfaz S/T escogido está normalizado bajo la norma ISO DIS 8877 (Figura 8.2.d) y la asignación de los contactos es la mostrada en la Tabla 8.1.a

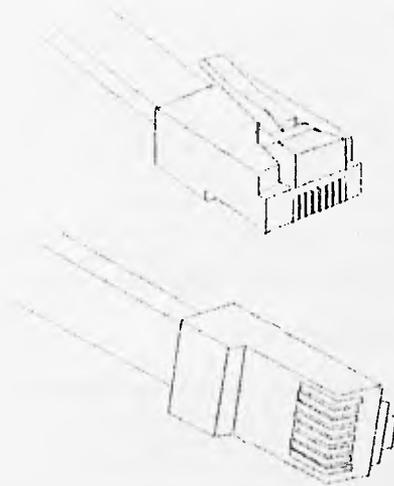


Figura 8.2.d Conector ISO DIS 8877 (Maciso).

Numero de patilla (contacto)	Función		Polaridad
	Equipo Terminal (TE)	Terminación de red (NT)	
1	Fuente de energía 3	Sumidero de energía 3	+
2	Fuente de energía 3	Sumidero de energía 3	-
3	Emisión	Recepción	+
4	Recepción	Emisión	+
5	Recepción	Emisión	-
6	Emisión	Recepción	-
7	Sumidero de energía 2	Fuente de energía 2	-
8	Sumidero de energía 2	Fuente de energía 2	+

Tabla 8.1 a Asignación de contactos del conector RDSI (RJ-45).

Debe observarse que la RTPC que existe actualmente y que proporciona acceso a los servicios conmutados a nivel de telefonía básica en la sección Central-Usuario a través de un par físico de dos hilos de cobre como medio de transmisión, puede ser utilizada para proporcionar el acceso 2B+D a usuarios a nivel básico (con el equipo terminal apropiado). La técnica de transmisión bidireccional utilizada para su aplicación en circuitos de dos hilos y que implica la utilización de una etapa de acoplamiento 2 a 4 hilos es la descrita en la Sección 4.4 y designada como *anulación de eco*.

Es importante definir como etapa primaria para conseguir la prestación de servicios RDSI a nivel básico, la digitalización total de la RTPC, es decir, el cambio progresivo de las Centrales de Conmutación Analógicas por Centrales de Conmutación Digitales tales como AXE y S1240 (Sección 7.2.2). Este proceso de cambio se encuentra en desarrollo actualmente. En lo referente al acceso primario, el proceso de implementación y prestación de los servicios asociados a este tipo de acceso ya se encuentra en desarrollo (en fase de señalización por canal asociado aún) y esta sustentado por la infraestructura de Red Digital Integrada operativa actualmente para usuarios con altos requerimientos de servicios de telecomunicaciones.

Como se estableció al inicio del Capítulo, la implementación de los servicios asociados a la RDSI requiere de la utilización del Sistema de señalización No. 7, el cual a su vez está fundamentado en los conceptos y niveles de interconexión de sistemas abiertos OSI.

### 8.3 MODELO DE REFERENCIA OSI Y RDSI

El desarrollo y características de la arquitectura del Sistema de Señalización No. 7 para RDSI se basa en un Modelo de Referencia para la Interconexión de Sistemas Abiertos OSI (Open Systems Interconnection) establecido por la ISO (International Standardization Organisation). La finalidad del modelo consiste en proporcionar una estructura bien definida para la interconexión y el intercambio de información entre los usuarios de un sistema de comunicaciones. El planteamiento del Modelo de Referencia OSI consiste en la división del modelo en siete capas o niveles funcionales (Figura 8.3) para describir la información de interconexión e intercambio entre usuarios de un sistema de comunicaciones. La descripción de las siete capas constitutivas del modelo OSI es la siguiente:

**1 CAPA FISICA**

Establece la conexión física entre la red y el equipo terminal. Los protocolos, interfaces físicas y alambrado son reglamentados para su compatibilidad con el medio de transmisión.

**2 CAPA DE ENLACE DE DATOS**

Desarrolla el empaquetamiento y desempaquetamiento de la información, siendo responsable de que esta sea recibida por la siguiente capa sin errores (manejo de procedimientos de control de errores)

**3 CAPA DE RED**

Establece el manejo de las conexiones lógicas entre sistemas, tal como el enrutamiento de paquetes, el establecimiento y desconexión de llamadas, así como de la óptima trayectoria de red entre dos usuarios.

**4 CAPA DE TRANSPORTE**

Asegura la integridad y confiabilidad de los datos independientemente del protocolo de red utilizado

**5 CAPA DE SESION**

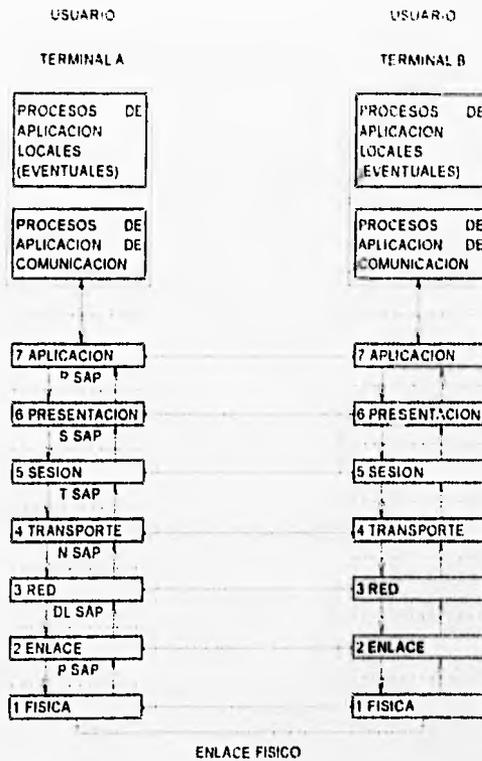
Permite el establecimiento y terminación de una vía de comunicación.

**6 CAPA DE PRESENTACION**

Maneja la codificación y decodificación de la información

**7 CAPA DE APLICACION**

Proporciona la interfaz entre los programas de usuario y la red



· PROTOCOLO ENTRE MISMOS NIVELES CORRESPONDIENTES

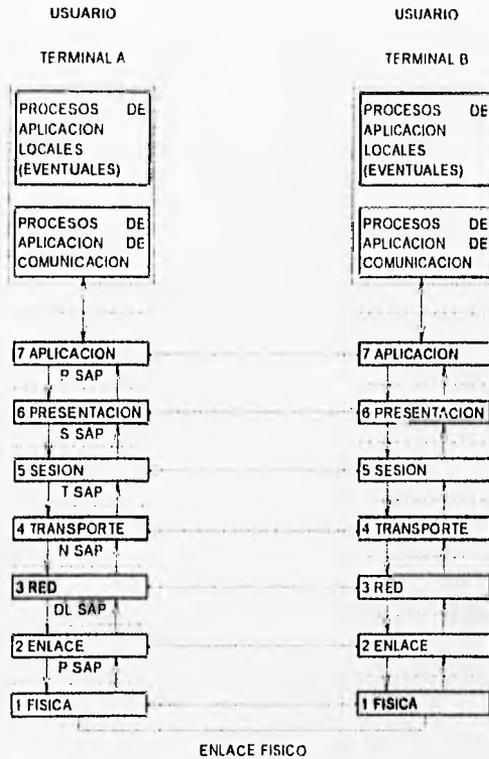
↓ SERVICIO DE APLICACION

↓ PRIMITIVAS

- P SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel Físico (Physical Service Access Point)
- DL SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Enlace de Datos (Data Link-Service Access Point)
- N SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Red (Network-Service Access Point)
- T SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Transporte (Transport-Service Access Point)
- S SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Sesión (Session-Service Access Point)
- P SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Presentación (Presentation-Service Access Point)

Figura 8.3 Modelo en capas o niveles establecido por la ISO.

La Figura 8.3 muestra los siguientes conceptos asociados al modelo de referencia OSI.



- PROTOCOLO ENTRE MISMOS NIVELES CORRESPONDIENTES
- ↑ SERVICIO DE APLICACION
- ↑ PRIMITIVAS
- P SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel Fisico (Physical Service Access -Point)
- DL SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Enlace de Datos (Data Link-Service Access Point)
- N SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Red (Network-Service Access Point)
- T SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Transporte (Transport-Service Access Point)
- S SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Sesión (Session-Service Access Point)
- P SAP: Punto de Acceso al Servicio nivel de Presentación (Presentation-Service Access Point)

Figura 8.3 Modelo en capas o niveles establecido por la ISO

La Figura 8.3 muestra los siguientes conceptos asociados al modelo de referencia OSI:

1. **PUNTOS DE ACCESO AL SERVICIO.** Identifican las interfaces entre niveles adyacentes en el interior de un equipo. Los diferentes puntos de acceso al servicio corresponden a las relaciones entre las diferentes capas mostradas.
2. **PRIMITIVAS.** Constituyen la base del dialogo entre capas adyacentes en el interior de un equipo. Son de cuatro tipos: petición, indicación, respuesta y confirmación. Mediante las primitivas un nivel n solicita los servicios del nivel n-1 y concede sus servicios al nivel n+1.
3. **PROTOCOLOS.** Constituyen procedimientos o reglas que definen el dialogo entre capas del mismo nivel de dos equipos relacionados.

### 8.3.1 MODELO DEL ESQUEMA CCITT No. 7 REFERIDO AL MODELO OSI

El proceso de evolución de la arquitectura del Sistema de Señalización No. 7 está basado en el Modelo de referencia OSI, la Figura 8.3.a muestra el esquema de Señalización CCITT No. 7 referido al Modelo de Siete Capas OSI.

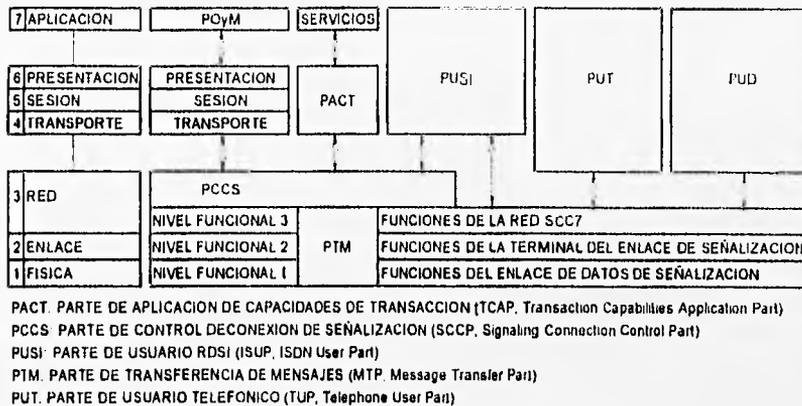


Figura 8.3.a Capas funcionales del Modelo de referencia OSI y partes del esquema de Señalización CCITT No. 7.

Es importante hacer notar que el esquema de señalización CCITT No.7 será utilizado a nivel de Centrales de Conmutación TELMEX de gran capacidad (AXE ERICSSON y S-1240 ALCATEL) y Centrales privadas PABX de usuario. Sin embargo para la comunicación usuario RDSI-Red a nivel de acceso básico, el intercambio de información estará soportado por un protocolo de enlace de datos correspondiente al segundo nivel del sistema OSI denominado LAPD (Link Access Protocol on the D-channel) y el cual es descrito en la Sección 8.4.1

### 8.3.2 ASOCIACION DE LOS NIVELES OSI 1, 2 Y 3 CON LA ESTRUCTURA DE TRAMA EN EL ACCESO BASICO

Existe una correspondencia entre los niveles OSI 1, 2 y 3 y la estructura y contenido de la información en lo que se refiere al acceso básico. Esta correspondencia es la siguiente.

El Nivel 1 de capa física en OSI no es sólo responsable de proporcionar la conexión física entre la red y el equipo terminal sino lo es también del transporte de la información en el nivel físico. Para efectuar el transporte de la información, el nivel 1 utiliza la estructura de trama correspondiente al acceso básico 2B+D y la cual fue descrita en la Sección 2.4.

El proceso de inicialización o activación del enlace de comunicaciones entre TEs y NT que se requiere antes del inicio del intercambio de tramas de nivel 1 está definido en la Rec. 1.430 y es establecida por los equipos terminales y de terminación de red a través del intercambio de un conjunto de señales designadas INFO. La designación, la definición y la dirección de las señales INFO se muestra en las Figuras 8.3.b, c y d así como la definición de los estados de los equipos y el proceso de intercambio de señales para la activación y desactivación del enlace.

MNEMONICO	DIRECCION	DEFINICION
INFO 0	NT ↔ TE	Ausencia de señal en la línea
INFO 1	TE → NT	6 "1"
INFO 2	NT → TE	Trama normal, todos los canales son puestos a cero
INFO 3	TE → NT	Trama normal, datos cualesquiera en los canales
INFO 4	NT → TE	Trama normal, datos cualesquiera en todos los canales excepto en canal A=1 (Bit A de activación/desactivación en la estructura de trama 2B+D)

Figura 8.3.b Señales utilizadas para la gestión de activación

MNEMONICO	ENTIDAD	DEFINICION
F1	TE	INACTIVO Estado en el que los TEs no emiten y se mantienen cuando no hay energía a través de la interfaz
F2		DETECCION DE SEÑAL Estado en el que sin emitir, el TE se encuentra determinando que señal recibe
F3		DESACTIVADO Estado en el que el TE no emite y recibe INFO 0
F4		EN ESPERA DE SEÑAL Estado en el que el TE emite INFO 1 y recibe INFO 0
F5		IDENTIFICACION DE LA SEÑAL DE ENTRADA Estado en el que el TE no emite y recibe una señal distinta de INFO 0, la cual intenta identificar
F6		SINCRONIZADO Estado en el que el TE emite INFO 3 pero sin emitir en los canales Recibe INFO 2
F7		ACTIVO Estado normal de transmisión de información. El TE emite INFO 3 y recibe INFO 4
F8		DESINCRONIZADO Estado de fallo sobre la interfaz El TE emite INFO 0
G1	NT	INACTIVO Estado en el que el NT no emite
G2		ACTIVACION EN ESPERA Estado en el que el NT emite INFO 2 y espera INFO 3.
G3		ACTIVO Estado normal de transmisión de información. El NT emite INFO 4 y recibe INFO 3
G4		DESACTIVACION EN ESPERA Estado en el que el NT no emite. Espera la recepción de INFO 0

Figura 8.3.c Estados utilizados para la gestión de activación.

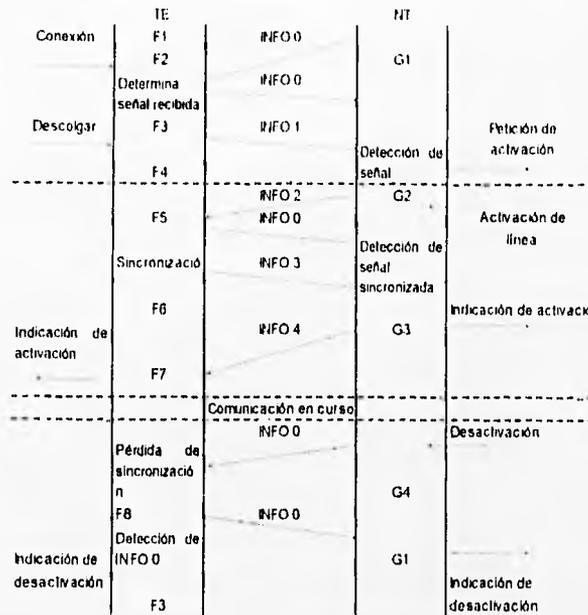


Figura 8.3d Procedimiento de activación (caso sin error).

El Nivel 2 de enlace de datos utiliza el protocolo de enlace LAPD descrito en la Sección 8.4. La estructura de trama LAPD correspondiente a la capa 2 es insertada en la estructura de trama de acceso básico (Nivel 1) a través del canal D.

El Nivel 3 de la capa de red corresponde, entonces, al paquete de información contenido en el campo de información I en la estructura de trama LAPD. La distinción entre paquete y trama es en base a la capa que les da origen, es decir, el paquete de información se crea en el nivel de red y es insertado dentro de una trama, la cual se crea en el nivel de enlace.

#### 8.4 PROTOCOLO DE ACCESO BASICO

Debido a la digitalización de las líneas de usuario, en la RDSI es posible extender el esquema de señalización por canal común hasta los equipos de telecomunicaciones de los usuarios o Equipos Terminales TE (Terminal Equipment). A través de la estructuración del acceso es posible, para el usuario, utilizar el canal D para el transporte de la señalización de usuario sobre una vía común y única asociada al acceso. La definición del acceso RDSI, entonces, está basada en la separación funcional de los flujos de datos de señalización y de los flujos de datos de información intercambiados entre usuarios.

La interfaz usuario-red está estructurada en siete niveles o capas de acuerdo con los conceptos del Modelo de Referencia OSI y en ella es posible distinguir entre los datos de

señalización, los datos intercambiados entre los usuarios y los datos asociados a la operación y mantenimiento de los equipos de usuario. De acuerdo con esta diferenciación de datos surge un modelo constituido por los tres planos siguientes:

1. PLANO DE CONTROL. C. Está estructurado en siete niveles y se refiere a la señalización sobre el canal D y cubre el conjunto de los protocolos de control de las llamadas y de los servicios suplementarios.
2. PLANO DE USUARIO. U. Está estructurado en siete niveles y reúne los protocolos destinados al intercambio de datos relativos a las aplicaciones sobre los canales de transferencia de información de usuario D, B o H.
3. PLANO DE GESTIÓN. M. No está estructurado en niveles y agrupa las funciones locales de operación de los equipos de Terminación de Red tipo 2 (NT2, Network Termination 2), Equipo Terminal TE o de los conmutadores de conexión de los usuarios.

#### **8.4.1 PROTOCOLO DE ENLACE DE DATOS LAP D**

La RDSI permite el intercambio de tramas entre las entidades del nivel 2 o de enlace de datos a través de la utilización del conjunto de reglas y procedimientos para señalización que constituyen el protocolo LAP D (Link Access Protocol on the D-channel). El protocolo LAP D realiza las siguientes funciones:

- a) Delimitación por banderas, construcción y transparencia de las tramas (se utiliza el término trama para designar una entidad de datos independiente que se transmite de una estación a otra a través del enlace) transportadas.
- b) Multiplexaje de varios enlaces de datos sobre el mismo canal D.
- c) Mantenimiento de la secuencia de las tramas.
- d) Detección de errores de transmisión, de formato y de operación sobre un enlace de datos.
- e) Corrección de errores de transmisión mediante la repetición de las tramas erróneas.
- f) La notificación a la entidad de gestión de los errores que no pueden ser corregidos.
- g) Control de flujo.

Las entidades del nivel 3 de red y de gestión pueden utilizar dos modos de intercambio de información:

- a) MODO ORIENTADO A CONEXIÓN. Permite el intercambio de tramas de información numeradas I, con detección y corrección de errores. Este modo implica el establecimiento previo de una conexión de enlace de datos.
- b) MODO ORIENTADO A NO CONEXIÓN. Permite el intercambio de tramas de información no numeradas UI (Unnumbered Information) sin corrección de errores ni control de flujo. Este modo no requiere de un establecimiento previo de la conexión. Este modo puede utilizarse punto a punto entre un usuario y la red, o multipunto para la difusión de tramas hacia varios terminales.

### 8.4.1.1 ESTRUCTURA DE TRAMA LAP D

La estructura general de las tramas LAP D se muestra en la Figura 8.4 donde se observa su constitución en base a los campos siguientes

BANDERA	FCS	I	CONTROL	DIRECCION					BANDERA
				TEI	EA	SAPI	C/R	EA	
01111110					1		0/1	0	01111110
8 BITS	16 BITS	n x 8 BITS	8 o 16 BITS	7 BITS	1 BIT	8 BITS	1 BIT	1 BIT	8 BITS
				8 BITS		8 BITS			

BANDERA 01111110

C/R BIT DE COMANDO/RESPUESTA

EA BIT DE EXTENSION DEL CAMPO DE DIRECCION (Extension Address bit)

FCS SECUENCIA DE COMPROBACION DE TRAMA (Frame Check Sequence)

I INFORMACION (n máxima es 260)

SAPI IDENTIFICADOR DEL PUNTO DE ACCESO AL SERVICIO (Service Access Point Indicator)

TEI IDENTIFICADOR DE EQUIPO TERMINAL (Terminal Equipment Indicator)

Figura 8.4 Estructura de trama LAP D.

a) BANDERAS. Constituyen un código binario igual a 01111110 que denotan el inicio y finalización de una trama (corresponde al mismo código y estructura definida para las Unidades de Señalización en CCITT No. 7 en la Sección 3.2.1.14).

b) DIRECCION. El campo de dirección está conformado por dos octetos (estructura mostrada en la Figura 8.4) que identifican el enlace de datos sobre el cual son emitidas o recibidas las tramas.

i) EA. Corresponde a un bit que permite extender el campo de dirección, su valor binario se codifica a cero en el primer octeto y a uno en el segundo octeto (la codificación a uno en el octeto denota que se trata del último o el único octeto en el campo de dirección).

ii) C/R. Corresponde al bit que indica si la trama es de control (comando) o de respuesta. En la transmisión de una trama de control por parte del equipo terminal el bit C/R es cero, en tanto, si es una trama de respuesta el bit C/R estará puesto a uno. En el caso de las tramas de red se presenta la codificación contraria, es decir, una trama de control contendrá el bit C/R codificado a uno y cero para el caso de una trama de respuesta.

iii) SAPI. Indica implícitamente el tipo de información que transporta la trama así como la entidad funcional de la capa de red o gestión de servicio del usuario. Esta identificación es necesaria a fin de distinguir los diferentes tipos de información (señalización, paquetes de información o mensajes de gestión) que puede ser transportada por el canal D.

iv) TEI. Contiene la identificación del equipo terminal del enlace de datos y permite distinguir los enlaces de datos multiplexados dentro del mismo canal D y dirigir las tramas hacia el equipo terminal correspondiente. Un mismo equipo terminal puede utilizar varios valores de TEI.

c) CONTROL. El campo de control permite distinguir entre los siguientes tres formatos de trama:

i) **TRAMA DE TRANSFERENCIA DE INFORMACION** Es utilizada para la transmisión de los datos de usuario entre los equipos asociados. Así también, la trama contiene el número de secuencia de la trama misma y de la trama esperada. El campo de control es de dos octetos

ii) **TRAMA DE SUPERVISION.** Contiene el número de secuencia de la trama esperada N(R) y a través de este formato de trama se realizan funciones como la aceptación o confirmación de las tramas, la petición de retransmisión de tramas o efectuar la solicitud de una interrupción temporal de la transmisión de las mismas. En estas tramas, el campo de control es de dos octetos

El objetivo de los comandos y respuestas de supervisión es desarrollar funciones precisamente de supervisión, tales como el sondeo o cuestionamiento de la red hacia el equipo terminal para saber si requiere de la emisión de datos, la aceptación de datos, la suspensión temporal de la transferencia de datos o la recuperación de errores.

Las tramas de formato de supervisión no incluyen el campo de información

iii) **TRAMA NO NUMERADA** A través de este formato de trama se realizan también funciones de control tales como la inicialización o desconexión del enlace o funciones de control del canal. El campo de control de una trama no numerada es de un octeto.

La Tabla 8.2 muestra los códigos del campo de control correspondientes a cada formato de trama así como sus comandos y respuestas asociados.

FORMATO DE TRAMA	COMANDO	RESPUEST	CODIFICACION																
			SEGUNDO OCTETO							PRIMER OCTETO									
			8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
TRANSFERENCIA DE INFORMACION	I		N(R)							P	N(S)							0	
SUPERVISION	RR	RR	N(R)							P/F	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	RNR	RNR	N(R)							P/F	0	0	0	0	0	1	0	1	
	REJ	REJ	N(R)							P/F	0	0	0	0	1	0	0	1	
NO NUMERADO	SABME		OCTETO NO CONTENIDO EN EL CAMPO DE CONTROL DE LA TRAMA								0	1	1	P	1	1	1	1	
		DM									0	0	0	F	1	1	1	1	
		UI									0	0	0	P	0	0	1	1	
		DISC									0	1	0	P	0	0	1	1	
		UA									0	1	1	F	0	1	1	1	
		FRMR									1	0	0	F	0	1	1	1	
	XID	XID		1	0	1	P/F	1	1	1	1								

- I: INFORMACION (Information)
- RR: PREPARADO PARA RECIBIR (Receive Ready)
- RNR: NO PREPARADO PARA RECIBIR (Receive Not Ready)
- REJ: RECHAZO (Reject)
- SABME: PUESTA EN MODO DE EQUILIBRIO ASINCRONO EXTENDIDO (Set Asynchronous Balanced Mode Extended)
- DM: MODO DE DESCONECION (Disconnect Mode)
- UI: INFORMACION NO NUMERADA (Unnumbered Information)
- DISC: DESCONECION (Disconnect)
- UA: ACUSE DE RECIBO NO NUMERADO (Unnumbered Acknowledgement)
- FRMR: RECHAZO DE TRAMA (Frame Reject)
- N(S): NUMERO DE SECUENCIA DE TRAMA DE ENVIO
- N(R): NUMERO DE SECUENCIA DE TRAMA DE RECEPCION
- P: BIT P (Poll)
- F: BIT F (Final)
- XID: INTERCAMBIO DE IDENTIFICACION

Tabla 8.2 Formatos de trama LAPD, sus comandos y respuestas y codificación del campo de control.  
 La descripción de los comandos y respuestas indicados en la Tabla 8.2 se muestra en la Tabla 8.3.

COMANDO	RESPUEST	DESCRIPCIÓN
I		Está asociado únicamente a las tramas de transferencia de información
RR	RR	Indicación que utiliza la entidad que lo emite para dar a conocer que se encuentra preparada para recibir una trama de información (función de sondeo) Señala también a través del campo N(R) la aceptación de tramas recibidas con anterioridad
RNR	RNR	Indicación que emplea la entidad que lo emite para dar a conocer que esta ocupada y es incapaz de aceptar más datos. Es interpretada también como acuse de recibo de tramas anteriores a través de su campo N(R).
REJ	REJ	Indicación que se emplea para solicitar la retransmisión de todas las tramas posteriores a la numerada en el campo N(R) indicando además en forma implícita que todas las tramas anteriores a partir de N(R)-1 han sido aceptadas.
SABME		Indicación para activación del modo equilibrado asíncrono extendido a través del cual son reservados dos octetos más para el campo de control
	DM	Indicación que utiliza la entidad que lo emite para dar a conocer que hará la desconexión del modo actual quedando no operativa
UI		Indicación que le permite a la entidad que lo recibe transmitir datos de usuario dentro de una trama no numerada.
DISC		Indicación que le da a conocer a la entidad que lo recibe que debe pasar a modo de desconexión.
	UA	Indicación de acuse de recibo que es devuelta al recibir comandos de activación o desconexión del modo. También indica que ha concluido un estado de ocupado
	FRMR	Indicación de la entidad que lo emite para dar a conocer que ha recibido una trama errónea (errores no asociados al CRC). El origen del error es indicado en el campo de información
XID	XID	Petición de la entidad que lo emite para que se identifique la entidad a la que está dirigido

Tabla 8.1 Descripción de COMANDOS y RESPUESTAS.

Tanto el bit P como el bit F en la Figura 8.2 son reconocidos cuando están codificados a 1. El bit P designa las tramas de control (comando) que corresponden al equipo de red (o primario) que efectúa el sondeo (Poll) sobre los equipos terminales (o secundarios) en tanto que el bit F (Final) designa las tramas de respuesta que son emitidas por los equipos secundarios.

d) INFORMACION I. El campo de información contiene los datos de usuario. Este campo sólo aparece en las tramas de información.

e) SECUENCIA DE COMPROBACION DE TRAMA FCS. El campo de secuencia de comprobación de trama permite la detección de la aparición de errores durante la transmisión de la trama entre los dos equipos asociados. El procedimiento de comprobación se basa en la comparación (efectuado por el receptor) entre los resultados del cálculo realizado sobre una trama tanto por el equipo emisor como por el equipo receptor y el cual es codificado en el campo FCS. Si el resultado de la comparación es el mismo, la transmisión es considerada libre de errores. La comparación del cociente de dividir la magnitud de la trama (mas una serie de ceros agregados) entre el polinomio  $x^{16}+x^{12}+x^5+1$  es designado como Comprobación por Redundancia Cíclica CRC (Cyclic Redundancy Check) y está definido en la Rec. V.41 del CCITT.

## 8.5 RED SCC7

La arquitectura de red acorde con el modelo de referencia OSI descrito se explica en esta Sección con el propósito de establecer las bases que deberán constituir la red SCC7 a implementar. Los conceptos y definiciones asociados a esta red han sido establecidos en la Sección 3.2.

La RED SCC7 deberá estar compuesta por Puntos de Señalización interconectados por Vías de Señalización a través de las cuales se transportan Unidades de Señalización.

Las Secciones siguientes describen las características generales de la RED SCC7 y los aspectos particulares para cada aplicación (Urbana, Interurbana e Internacional).

### 8.5.1 ESTRUCTURA DE LA RED SCC7

Se establece una estructura jerárquica que comprende dos tipos de PSs; Punto de Señalización Terminal (PSX) y Punto de Señalización de Transferencia (PST) los cuales son conectados a través de una o más Vías de Señalización (VSs) como se muestra en la Figura 8.5.

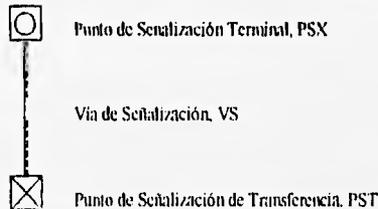


Figura 8.5 Conexión de PSs mediante VSs.

La estructura de la RED SCC7 deberá incluir redundancia para que en caso de falla de uno de sus componentes no se afecte el funcionamiento de la red a la que sirve. La redundancia aplica tanto para los PSs como para los canales de señalización de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- i) Todo PS deberá tener redundancia en las terminales del enlace de señalización y en los enlaces de datos de señalización, mediante reservas dedicadas o conmutadas y selección manual o automática.
- ii) Toda VS deberá estar constituida por al menos dos canales de señalización funcionando en el modo de compartición de carga.
- iii) Todo conjunto de rutas de señalización deberá estar constituido por al menos dos rutas de señalización (primaria y alterna) con la posibilidad de funcionar en el modo de compartición de carga.

La redundancia deberá aplicarse de tal forma que la tasa máxima por tipo de error asociada a las Partes de Usuario sea la especificada en la Tabla 8.4.

TIPO DE ERROR	TASA DE ERROR MAXIMA	OBSERVACIONES
PERDIDA DE MENSAJES	1E-7	COMO CONSECUENCIA DE UNA FALLA EN LA PIM NO SE DEBERA PERDER MAS DE UN MENSAJE DE CADA 1E-7 MENSAJES
SECUENCIA INCORRECTA DE MENSAJES	1E-10	PARA EL MODO CUASEASOCIADO Y COMO CONSECUENCIA DE UNA FALLA EN LA PIM NO SE DEBERA ENTREGAR MAS DE UN MENSAJE FUERA DE SECUENCIA DE CADA 1E-10 MENSAJES SE CONSIDERA TAMBIEN LA DUPLICACION DE MENSAJES
ERRORES NO DELECTADOS	1E-10	COMO CONSECUENCIA DE UNA FALLA EN LA PIM NO SE DEBERA ENTREGAR MAS DE UN MENSAJE CON INFORMACION ERRONEA DE CADA 1E-10 MENSAJES
INDISPONIBILIDAD DE UN CONJUNTO DE RUTAS DE SEÑALIZACION	10 min año	COMO CONSECUENCIA DE UNA FALLA EN LOS PSs Y O VSs QUE CONSTITUYEN EL CONJUNTO DE RUTAS DE SEÑALIZACION

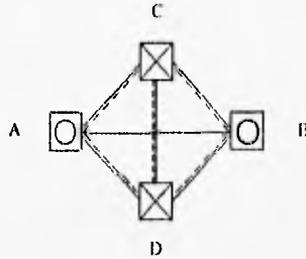
Tabla 8.4 Tasa máxima por tipo de error.

En condiciones normales de funcionamiento de la RED SCC7, se espera un tiempo máximo de transferencia de mensajes de 800 ms entre el PSO y el PSD al que se refiere el mensaje.

Los arreglos básicos de la estructura, considerando la redundancia y los modos de señalización (Sección 3.2.1.12) se muestran en la Figura 8.5.a.



a) Modo de Señalización Asociado, arreglo básico



b) Modo de Señalización Cuasi Asociado, arreglo básico  
 RUTA PRIMARIA ACB, RUTA SECUNDARIA ADB

Figura 8.5.a Arreglo básico de la Estructura SCC7

Para el caso de conexión entre diferentes áreas de cobertura geográfica de la RED SCC7, los arreglos son los que se muestran en la Figura 8.6. Para el Modo Cuasi Asociado es recomendable un arreglo tipo Malla entre los PSTs

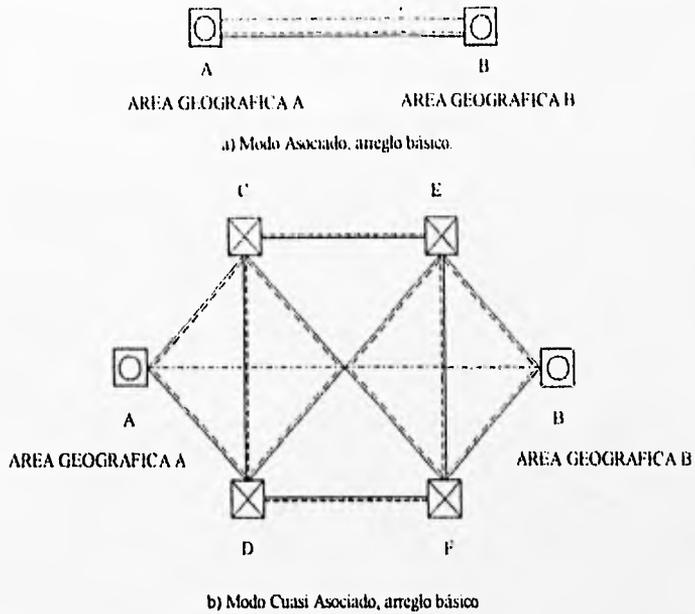


Figura 8.6 Conexión para Areas de cobertura geográfica en SCC7.

Se considera una independencia funcional entre las Redes Nacional e Internacional. A nivel nacional coexisten las redes Urbanas con la Interurbana, la cual sirve de acceso a la Red Internacional. La relación entre las Redes Urbana, Interurbana e Internacional se muestra en la Figura 8.7.

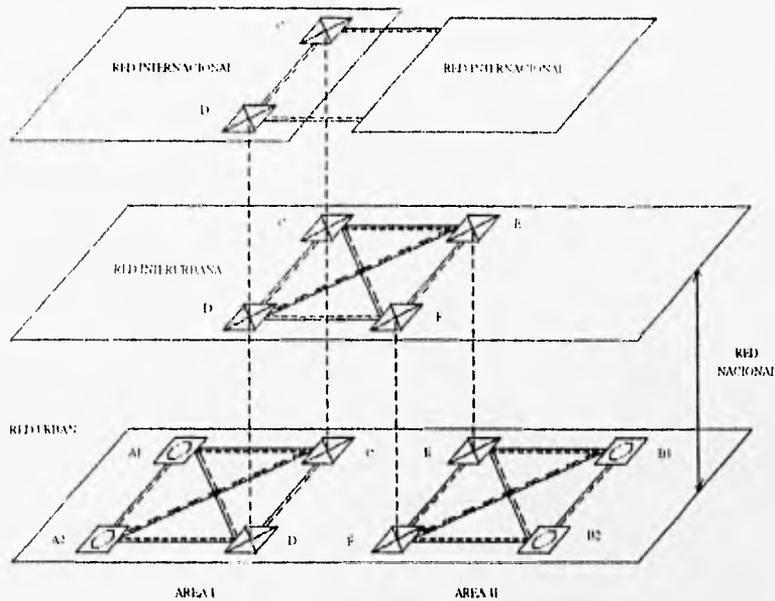


Figura 8 7 Relación de redes Nacional e Internacional.

Considerando la independencia funcional se establecen las siguientes aplicaciones del SCC7.

- i) RED INTERURBANA (SCC7/N)
- ii) RED URBANA (SCC7/U)
- iii) RED INTERNACIONAL (SCC7/I)

Un mismo PS es utilizado para manejar tráfico de señalización de las tres aplicaciones de RED (PSs C y D en la Figura 8 7).

Como se estableció en la Sección 3.2.1.4, la estructura de la Red SCC7 está fundamentada en la agrupación de los niveles funcionales en dos partes; Parte de Transferencia de Mensajes y Parte de Usuario. Los niveles constitutivos de la PTM son los siguientes:

- i) Nivel Funcional 3. FUNCIONES DE LA RED SCC7.
- ii) Nivel Funcional 2. FUNCIONES DE LA TERMINAL DEL ENLACE DE SEÑALIZACION.
- iii) Nivel Funcional 1. FUNCIONES DEL ENLACE DE DATOS DE SEÑALIZACION.

Las características de los niveles funcionales 1, 2 y 3 son descritas en las Secciones siguientes

### 8.5.2 FUNCIONES DE LA RED SCC7 (NIVEL FUNCIONAL 3)

Esta Sección describe los principios de las funciones y procedimientos relacionados con la transferencia de mensajes entre PSSs

El nivel funcional 3, define las funciones y procedimientos de la RED SCC7 las cuales se agrupan en dos categorías:

- a) Manejo de Mensajes de Señalización
- b) Gestión de RED SCC7.

Las relaciones de la agrupación funcional se muestran en la Figura 8 8.

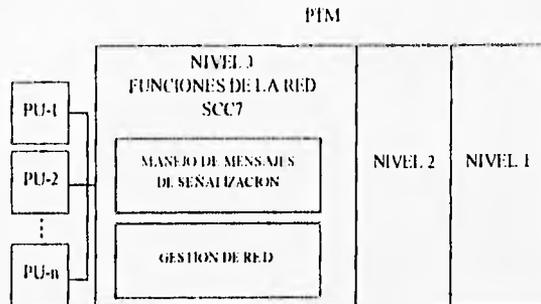


Figura 8 8 Funciones de la red SCC7.

De acuerdo a la estructura de la RED SCC7 establecida, el número máximo de PSTs entre un PSO y un PSD será de dos en condiciones normales. En situaciones de falla, el número de PSTs puede ser de hasta cuatro durante el tiempo de restauración del equipo afectado.

Los mensajes relacionados con una determinada transacción de usuario y enviados en una cierta dirección (mensajes relacionados al circuito), deberán enviarse por la misma ruta de señalización para garantizar una secuencia correcta de mensajes. Una transacción no necesariamente usará la misma ruta para los mensajes enviados que para los recibidos. De estar disponibles varias rutas de señalización en el conjunto de las rutas de señalización, el tráfico de señalización podrá compartirse entre tales rutas.

La compartición de carga requiere de cuando menos dos canales de señalización, siendo capaz de manejar cada uno de ellos la totalidad del tráfico de señalización en caso de falla de uno de ellos. La compartición puede efectuarse entre canales pertenecientes a la misma VS o entre canales pertenecientes a diferentes VSs.

#### 8.5.2.1 MANEJO DE MENSAJES DE SEÑALIZACION

El propósito del Manejo de Mensajes de Señalización es asegurar que los mensajes generados por una PU, en un PSO, sean entregados al mismo tipo de PU en el PSD especificado. La transferencia puede efectuarse en modo Asociado o Cuasiasociado.

Las funciones de manejo de mensajes de señalización consideradas son las siguientes:

- i) **ENRUTAMIENTO.** Constituye en cada PS el procedimiento de selección de la VS a través de la cual se efectuará la transferencia del mensaje a su PSD
- ii) **DISCRIMINACION** Constituye en cada PS el procedimiento de identificación del mensaje de señalización para determinar si este está destinado al PS. En caso de estar destinado al PS, el mensaje es transferido a la función de distribución, en caso contrario, el mensaje es transferido a la función de enrutamiento para encaminarlo hacia otro PS
- iii) **DISTRIBUCION** Constituye en cada PSD el procedimiento de entrega del mensaje recibido a la PU correspondiente y asociada a ese PSD

La Figura 8.9 muestra la interrelación de funciones del manejo de mensajes

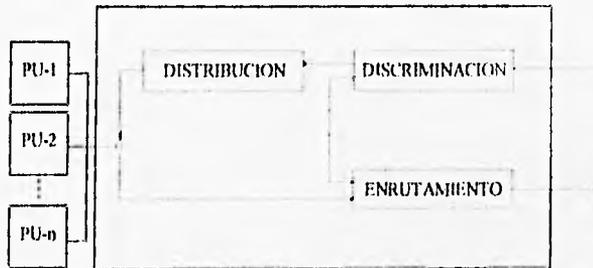


Figura 8.9 Funciones de manejo de mensajes de señalización.

### 8.5.2.2 GESTION DE RED SCC7

Las funciones de gestión de RED consideran las acciones y procedimientos requeridos para mantener operando la RED SCC7, así como su restauración a condiciones normales en caso de mal funcionamiento de los PSs y/o VSs. El mal funcionamiento puede tener la forma de pérdida total de un Enlace de Señalización o de un PS, o de acceso reducido por congestión.

La ocurrencia o recuperación de fallas, por lo general resulta en un cambio de estado del equipo afectado. Para atender este cambio de estado de gestión de red, se consideran tres categorías de funciones:

- i) **GESTION DE TRAFICO.** Se utiliza para desviar el tráfico de señalización de una ruta de señalización o una VS a otra u otras rutas de señalización o VSs diferentes, o para disminuir temporalmente el tráfico de señalización en caso de congestión (control de flujo) en un determinado PS.
- ii) **GESTION DE RUTA.** Se utiliza para distribuir la información referente al estado de la RED SCC7 para bloquear o desbloquear las rutas de señalización.
- iii) **GESTION DE VIAS DE SEÑALIZACION.** Se utiliza para restaurar los canales de señalización averiados, activar los canales desocupados (sin alineación) y desactivar los canales en funcionamiento

La Figura 8.10 muestra la interrelación de funciones de gestión de red

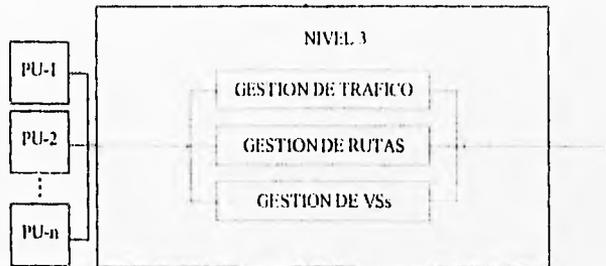


Figura 8 10 Funciones de gestión de red.

La Gestión de Red considera que un Enlace de señalización se encuentra en sólo uno de dos estados posibles: Disponible o Indisponible. Cada estado se subdivide en los siguientes modos de reconocimiento:

**ENLACE DISPONIBLE:**

- a) Restaurado
- b) Activado
- c) Desbloqueado

**ENLACE INDISPONIBLE**

- a) Averiado
- b) Desactivado
- c) Bloqueado

**8.5.3 FUNCIONES DE LA TERMINAL DEL ENLACE DE SEÑALIZACION (NIVEL FUNCIONAL 2)**

Esta Sección describe los principios de las funciones y procedimientos relacionados con la transferencia de mensajes a través de un determinado enlace de señalización.

Las Funciones de la Terminal del Enlace de Señalización (TES) conjuntamente con las funciones del Enlace de Datos de Señalización (EDS) proporcionan una transferencia confiable de mensajes entre dos PSS conectados directamente (punto a punto)

La Figura 8.11 muestra la interrelación de funciones de la Terminal del Enlace de Señalización.

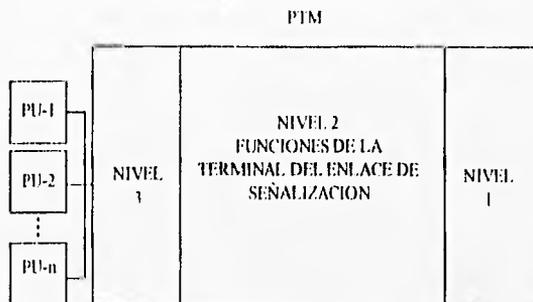


Figura 8.11 Funciones de la terminal del Enlace de Señalización.

#### 8.5.4 FUNCIONES DEL ENLACE DE DATOS DE SEÑALIZACION (NIVEL FUNCIONAL 1)

Esta Sección describe los principios de las funciones y procedimientos que proporcionan un soporte al Enlace de señalización conjuntamente con el Nivel Funcional 2, Terminal del Enlace de Señalización.

El Nivel 1 define las características físicas, eléctricas y funcionales del Enlace de Datos de Señalización (EDS) y los procedimientos para accederlo.

El EDS deberá estar dedicado exclusivamente para transferencia de información SCC7 entre dos PS. No deberá transmitirse ninguna otra información diferente a SCC7.

La Figura 8.12 muestra la interrelación de funciones del Enlace de Datos de Señalización.

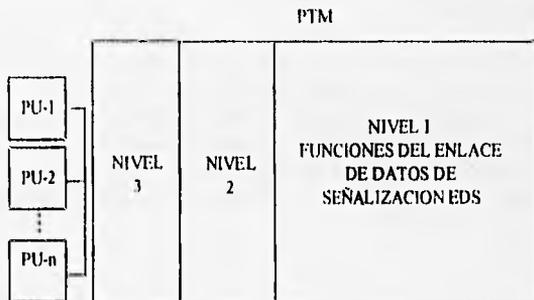


Figura 8.12 Funciones del Enlace de Datos de Señalización.

##### 8.5.4.1 ENLACE DE DATOS DE SEÑALIZACION (EDS)

El EDS constituye un trayecto de transmisión bidireccional compuesto por dos canales de transmisión que operan en direcciones opuestas y a la misma velocidad de transmisión. La técnica

de transmisión puede ser digital o analógica y el trayecto puede ser terrestre o vía satélite. En el medio de transmisión deben evitarse dispositivos tales como supresores de eco, canceladores de eco, atenuadores digitales o convertidores A/D a fin de asegurar un funcionamiento duplex y un flujo íntegro de bits. La implementación del EDS puede ser dedicada o a través de un nodo de conmutación en conexión semipermanente. Los requerimientos de la interfaz para la conexión pueden especificarse en cualquiera de los tres puntos A, B o C, como se muestra en la Figura 8.13.

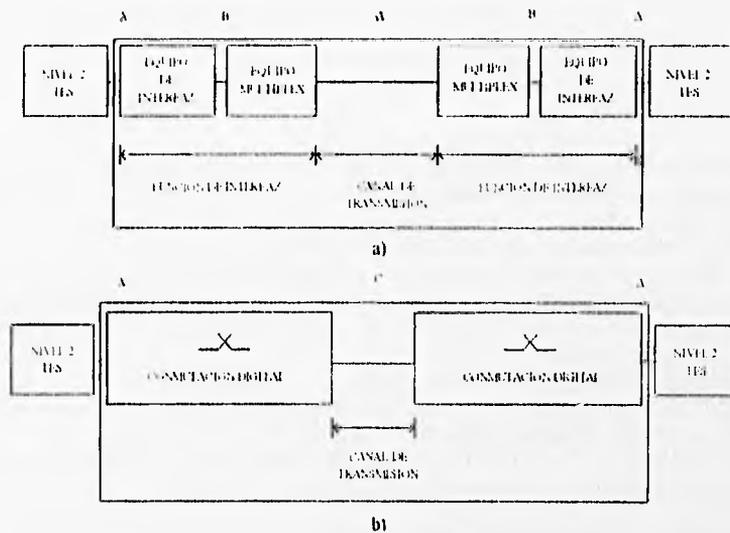


Figura 8.13 a) EDS (analógico o digital) a través de una función de interfaz con conexión dedicada. b) EDS (digital) a través de un dispositivo de conmutación digital con conexión semipermanente.

Los requisitos de interfaz en el punto A se adoptan dependiendo del equipo de interfaz a utilizar (ETCD, EDS Digital, EDS Analógico)

### EDS DIGITAL

Se consideran los dos casos siguientes: derivado de un sistema de primer orden (2.048 Mbit/s) o de un sistema de segundo orden (8.448 Mbit/s), siendo común para ambos casos la velocidad de transmisión del canal (64 kbit/s) y la no inversión de bits.

## EDS ANALÓGICO

Deberá hacerse uso de modems sobre canales de transmisión analógicos en frecuencias vocales con separación de 4 kHz.

La velocidad binaria mínima para aplicaciones de control de llamadas telefónicas será de 4.8 kbit/s.

Asociando los tres niveles funcionales descritos con el modelo de referencia OSI, debe observarse que los niveles funcionales 1, 2 y 3 están en correspondencia con las capas 1, 2 y 3 del modelo de referencia OSI respectivamente, en tanto el cuarto nivel funcional del esquema SCC7, el cual está constituido por las Partes de Usuario, corresponde a las cuatro capas restantes del modelo OSI. Las características de la PU son las siguientes.

### 8.6 PARTE DE USUARIO (PU)

La Parte de Usuario (PU) constituye el nivel 4 del SCC7 y en ella se definen las funciones y procedimientos particulares para cada usuario de la PTM.

En el contexto del SCC7, el término *usuario* se refiere a cualquier entidad funcional que utiliza la capacidad de transporte de la PTM a través de las PUs.

Para que cada PU pueda ser identificada por la PTM, se asigna a cada PU un Código Indicador de Servicio (CIS). Alternativamente, un usuario potencial podrá agruparse con otros similares en una PU ya existente, por lo que la distribución de mensajes entre usuarios similares se manejará internamente en cada PU.

Se consideran dos categorías de usuarios de la PTM:

- a) CONTROL DE TELECOMUNICACION. Usuarios cuya identificación de funciones está contenida en el SCC7, p. ej. funciones de telefonía o de datos.
- b) EXPLOTACION DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES. Usuarios cuya definición de funciones está fuera de SCC7, p. ej. operación y mantenimiento, facturación.

#### 8.6.1 PARTE DE USUARIO TELEFONICO (PUT)

La PUT describe las funciones de señalización requeridas para el control de llamadas telefónicas, a nivel tanto de red nacional como internacional y mundial. Las funciones de la PUT ya se encuentran contenidas en la PUSI siendo por tanto esta ya no aplicable.

#### 8.6.2 PARTE DE USUARIO RDSI (PUSI)

La PUSI proporciona las funciones de señalización requeridas para el control de las llamadas RDSI como servicio portador básico, así como el control de los servicios suplementarios tanto en la red nacional como internacional.

El servicio portador básico comprende el establecimiento, supervisión y liberación de enlaces para conexiones con conmutación de circuitos a 64 kbit/s.

## 8.7 INTERCONEXION DE SEÑALIZACION

Cuando el servicio sea entre usuarios RDSI, se deberá mantener la señalización en el ambiente de la PUSI, sin interconexión con otros sistemas de señalización. Pero para un ofrecimiento completo de la RDSI, así como el acceso hacia y desde usuarios de la RTPC, será necesario que la PUSI tenga interconexión con otras PUs del sistema SCC7 o incluso con otros sistemas de señalización. Esto se realizará en Puntos de Interconexión.

### 8.7.1 INTERCONEXION DE SEÑALIZACION SCC7-PUT Y SCC7-PUSI

Todo punto de señalización que contenga las partes de usuario PUT y PUSI deberá funcionar como un Punto de Interconexión PUT/PUSI. Esta interconexión se realizará en el PS mediante programa.

En el caso de la conexión de un usuario de la RTPC atendido con PUT, con un usuario RDSI, la interconexión PUT/PUSI se hará el PS que contenga ambas PUs (PUSI y PUT), más cercano al usuario RDSI. Si el usuario RDSI es atendido por un PS que contenga también PUT, se manejará la señalización en ambiente PUT.

Dado que la interconexión PUT/PUSI es interna y exclusiva de aquellos PSs que contengan ambas PUs, no será posible la señalización directa entre un PS con PUT y un PS con PUSI, para ello deberán hacerlo a través del PS que realiza la interconexión (Figura 8.14)

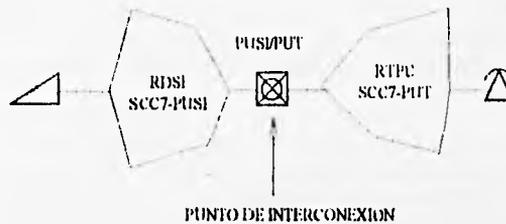


Figura 8.14 Interconexión de señalización SCC7-PUSI y SCC7-PUT para servicio telefónico básico.

### 8.7.2 INTERCONEXION DE SEÑALIZACION SCC7-PUSI Y SEÑALIZACION R2

Si se requiere conectar un usuario de la RTPC atendido con señalización R2, con un usuario RDSI, la Central que maneja señalización R2 deberá conectarse con un PS que incluya PUT, con el que se hará la interconexión R2/PUT. No se contempla una interconexión directa R2/PUSI.

Una vez efectuada la interconexión, se seguirán los procedimientos descritos anteriormente hasta alcanzar el PS que da servicio al usuario RDSI (Figura 8.15).

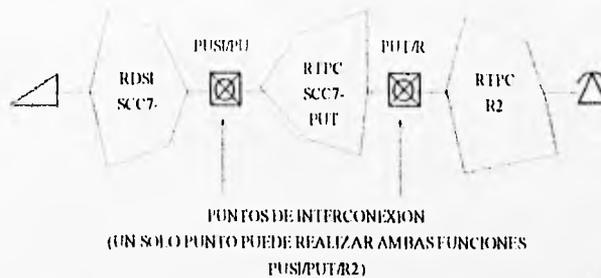


Figura 8.15 Interconexión de señalización SCC7-PUSI y R2 para servicio telefónico básico

El procedimiento de señalización para el establecimiento de una llamada entre dos partes en donde una de ellas señala a nivel de R2 y la otra a nivel de SCC7 se muestra en la Sección 9.6.6.

### 8.7.3 IDENTIFICACION DE PUNTOS DE SEÑALIZACION

Los PSs se identifican mediante el Código de PS (CP), el cual se usa para indicar el PS de Destino y Origen del mensaje. El CP está contenido en la Etiqueta de Enrutamiento.

### 8.8 PARTE DE CONTROL DE CONEXION DE SEÑALIZACION (SCCP, Signaling Connection Control Part) Y PARTE DE APLICACION DE CAPACIDADES DE TRANSACCION (Transaction Capability Application Part, TCAP)

La Parte de Control de Conexión de Señalización SCCP permite el intercambio de mensajes de señalización no relacionados a conexiones en modo circuito entre PSs. Estas conexiones de señalización son utilizadas en particular para aplicaciones de explotación y mantenimiento también para la gestión de transacciones entre nodos de la red.

La Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción TCAP, esta asociada a los protocolos entre los nodos de conmutación de la red y servidores o centros especializados para el suministro de servicios como gestión centralizada de grupos cerrados de usuarios, validación de tarjetas de crédito, etc. El TCAP deberá ser utilizado especialmente para la comunicación entre conmutadores o centros de acceso a los servicios y los servidores o puntos de control de los servicios para la implementación de servicios suplementarios basado esto en una arquitectura de red inteligente.

El tipo de servicio que proporciona en forma conjunta la PTM, SCCP y TCAP se caracteriza por la solicitud de información a bases de datos centralizadas y los cuales pueden ser el servicio 800 y la validación de tarjetas de crédito.

## 9 PLANEACION DE LA RED DE SEÑALIZACION

Para comprender el objetivo y naturaleza de los cambios que se requieren efectuar en las Centrales de Conmutación para la implementación del sistema SCC7, se ha considerado importante conocer la constitución del sistema AXE ERICSSON.

### 9.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA AXE ERICSSON

#### 9.1.1 PRINCIPIOS BASICOS

El sistema AXE corresponde a un sistema de Control por Programa Almacenado SPC (Stored Program Control), bajo este concepto, la operación de la Central está ordenada por la acción de procesadores que actúan para almacenar en memoria los programas del propio sistema (Figura 9.1)

Todas las operaciones a ser ejecutadas por la Central son almacenadas en memoria y la modificación de alguna función implica la modificación del contenido de la memoria de la computadora de la Central



Figura 9.1 Central SPC.

Así entonces, la memoria contiene un gran número de instrucciones que le indican a la computadora los procedimientos a desarrollar en diferentes situaciones.

Para aumentar la confiabilidad de la Central, el equipo de conmutación es controlado por dos computadoras, una de las cuales está en estado de espera (STANDBY).

#### SUBSISTEMAS APT Y APZ

El sistema AXE está formado por dos partes principales, el equipo de conmutación para la conexión de llamadas telefónicas y una computadora para controlar el equipo de conmutación. El equipo de conmutación es designado APT y la computadora es designada APZ (Figura 9.2).

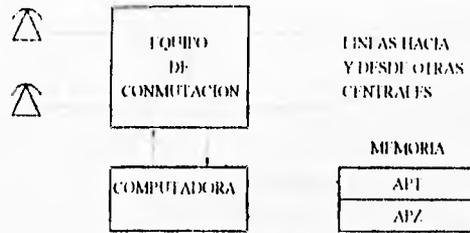


Figura 9.2 Partes de una Central AXE

### TIPOS DE PROCESADORES

El trabajo desarrollado por una Central telefónica puede ser de dos tipos

1. Barrido rutinario sobre el equipo para la detección de cambios, p. ej. el que se efectúa para comprobar si un abonado ha levantado su microtelefono. Esto se hace varias veces cada segundo.
2. Análisis y diagnósticos complejos que requieren alta capacidad de computación y volúmenes grandes de datos, p. ej. la selección de rutas o mediciones de tráfico.

En las actividades desarrolladas por la Central es importante la consideración del tiempo. Generalmente se le llama procesador de tiempo real a una computadora diseñada para resolver los requerimientos instantáneos y de tiempo. Se consideran dos tipos de procesadores para controlar el sistema: Procesador Central CP (Central Processor) y varios Procesadores Regionales RPs (Regional Processors). Los RPs ayudan al CP efectuando tareas sencillas y rutinarias, reportándole los eventos importantes ocurridos en la Central (Figura 9.3)

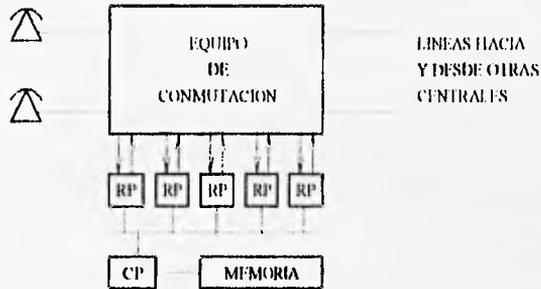


Figura 9.3 Arquitectura del sistema de control

El CP efectúa todas las decisiones y desarrolla tareas complejas. Con este tipo de configuración es posible hacer modificaciones simples en cuanto a la capacidad del sistema, basta aumentar o disminuir el número de RPs. Esto es posible hasta llegar al límite del CP

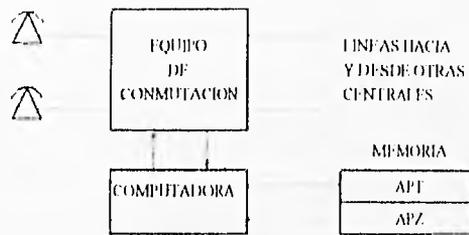


Figura 9.2 Partes de una Central AXE

### TIPOS DE PROCESADORES

El trabajo desarrollado por una Central telefónica puede ser de dos tipos:

1. Barrido rutinario sobre el equipo para la detección de cambios, p. ej. el que se efectúa para comprobar si un abonado ha levantado su microtelefono. Esto se hace varias veces cada segundo.
2. Análisis y diagnósticos complejos que requieren alta capacidad de computación y volúmenes grandes de datos, p. ej. la selección de rutas o mediciones de tráfico

En las actividades desarrolladas por la Central es importante la consideración del tiempo. Generalmente se le llama procesador de tiempo real a una computadora diseñada para resolver los requerimientos instantáneos y de tiempo. Se consideran dos tipos de procesadores para controlar el sistema: Procesador Central CP (Central Processor) y varios Procesadores Regionales RPs (Regional Processors). Los RPs ayudan al CP efectuando tareas sencillas y rutinarias, reportándole los eventos importantes ocurridos en la Central (Figura 9.3)

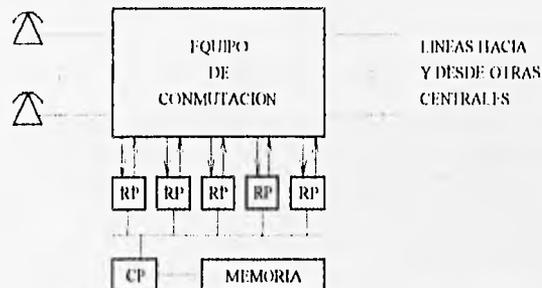


Figura 9.3 Arquitectura del sistema de control.

El CP efectúa todas las decisiones y desarrolla tareas complejas. Con este tipo de configuración es posible hacer modificaciones simples en cuanto a la capacidad del sistema, basta aumentar o disminuir el número de RPs. Esto es posible hasta llegar al límite del CP.

## ESTRUCTURA DEL SISTEMA

Las dos partes principales del sistema AXE, tienen Hardware y Software. La siguiente es una descripción de la parte APT (Equipo de Conmutación) y se enfatiza en la explicación de esta parte dada su importancia para la implementación, a nivel de red, del sistema SCC7.

### SUBSISTEMA APT

El subsistema APT ha sido dividido en los subsistemas siguientes

- a) **SUBSISTEMA DE CONTROL DE TRAFICO TCS (Traffic Control Subsystem)**  
El TCS está implementado únicamente en software. Las funciones del sistema son
  - i) Establecimiento, supervisión y liberación de llamadas.
  - ii) Selección de rutas salientes.
  - iii) Análisis de dígitos entrantes
  - iv) Almacenamiento de categorías de abonados.
- b) **SUBSISTEMA TRONCAL Y SEÑALIZACION TSS (Trunk and Signalling Subsystem)**  
El TSS está implementado con software y hardware. El subsistema maneja la señalización y la supervisión de conexiones a otras Centrales.
- c) **SUBSISTEMA DE SELECCION DE GRUPO GSS (Group Switching Subsystem)**  
El GSS está implementado con software y hardware. El subsistema establece, supervisa y libera las conexiones a través del selector de grupo. La selección de una trayectoria a través del selector de grupo se hace mediante software.
- d) **SUBSISTEMA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO OMS (Operation and Maintenance Subsystem).**  
El OMS está implementado con software y hardware. El subsistema contiene varias funciones relacionadas a estadística y supervisión. OMS es uno de los subsistemas más grandes que existen en APT.
- e) **SUBSISTEMA SELECTOR DE ABONADO SSS (Subscriber Switching Subsystem)**  
El SSS está implementado con software y hardware. El subsistema maneja el tráfico hacia y desde los abonados conectados a la Central.
- f) **SUBSISTEMA DE TASACION CHS (CHarging Subsystem).**  
El CHS está implementado únicamente con software. El subsistema maneja las funciones de los medidores de llamadas (tasación de llamadas). Se consideran dos métodos de medición de llamadas: medición por pulsos y tasación automática (toll ticketing).
- g) **SUBSISTEMA DE SERVICIO DE ABONADO SUS (Subscriber Services Subsystem)**  
El SUS está implementado únicamente con software. El subsistema comprende facilidades (servicios) tales como marcación abreviada.
- h) **SUBSISTEMA DE OPERADORA OPS (OPerator Subsystem).**  
El OPS está implementado únicamente con software. El subsistema maneja la conexión y desconexión de operadoras. OPS coopera con el sistema terminal de operadoras OTS (Operator Terminal System) que incluye las posiciones de operadora.
- i) **SUBSISTEMA DE SEÑALIZACION DE CANAL COMUN CCS (Common Channel Signalling Subsystem).**

El CCS está implementado con software y hardware. Existen dos variantes: una para CCITT No. 6 y otra para CCITT No. 7.

j) **SUBSISTEMA DE TELEFONIA MOVIL MTS (Mobile Telephony Subsystem).**

El MTS está implementado con software y hardware. El subsistema maneja tráfico hacia y desde abonados móviles.

k) **SUBSISTEMA DE ADMINISTRACION DE RED NMS (Network Management Subsystem).**

El NMS está implementado únicamente con software. El subsistema contiene funciones para la supervisión del flujo de tráfico a través de la Central, y para la introducción de cambios temporales en ese flujo.

### **ESTRUCTURA DE LOS SUBSISTEMAS**

Cada subsistema está dividido en partes llamadas BLOQUES FUNCIONALES. A este nivel, también existe una división relacionada a la funcionalidad.

#### **BLOQUES FUNCIONALES DEL SUBSISTEMA TSS**

El TSS contiene un bloque funcional llamado Troncal Bidireccional BT (Both-way Trunk). La función del bloque BT es el de manejar eslabones digitales en ambas direcciones entre Centrales. Por supuesto, existe hardware conectado al eslabón digital. En este caso el hardware consiste de una tarjeta de circuito impreso que cuenta con circuitos y lógica para la sincronía de las señales digitales. Un procesador regional cuenta con software para controlar y supervisar el hardware. El software pertenece al bloque funcional BT. Si ocurre un cambio en el hardware, esto lo detecta el software regional, que a intervalos regulares explora el hardware.

El software regional BTR informa al software Central BTU que pertenece al mismo bloque funcional BT.

Después de esto, el software Central puede, si requiere, colaborar con otros bloques funcionales en el procesador central. La colaboración entre bloques funcionales siempre se efectúa a nivel central.

Únicamente los programas de un bloque funcional tienen acceso a los datos del mismo bloque funcional. Si un bloque funcional necesita datos de algún otro bloque, tendrá que hacer una petición.

#### **OPERACION DEL SISTEMA AXE**

Para describir la operación de una Central AXE, se estudiará la interacción del Subsistema de Control de Tráfico TCS con los demás subsistemas.

Como se estableció anteriormente, el TCS es la parte Central para el manejo de tráfico. El subsistema TCS está conformado de nueve bloques funcionales descritos a continuación.

a) **FUNCION DE REGISTRO RE (Register).**

Este bloque almacena los dígitos entrantes y maneja el establecimiento de las llamadas.

b) **SUPERVISION DE LLAMADA CL (Call supervision).**

Este bloque supervisa las llamadas en progreso y las libera.

- c) **ANALISIS DE DIGITOS DA (Digit Analysis)**  
Este bloque contiene tablas para el analisis de digitos. Estos analisis son ordenados por RE.
- d) **ANALISIS DE RUTAS RA (Route Analysis)**  
Este bloque cuenta con tablas para la selección de rutas salientes (se incluyen rutas alternativas), tal selección es ordenada por RE.
- e) **CATEGORIAS DE ABONADO SC (Subscriber Categories)**  
Este bloque almacena las categorías de abonado para todos los abonados conectados a la central.
- f) **ADMINISTRACION DE OFRECIMIENTO DE TRONCAL TOM (Trunk Offering Management)**  
Este bloque se encarga de las funciones de RE o CL cuando un abonado ocupado es supervisado por una operadora.
- g) **DATOS DE OFRECIMIENTO DE TRONCAL TOD (Trunk Offering Data)**  
De la misma manera que TDM, este bloque se encarga de las funciones de RE o CL cuando un abonado ocupado es supervisado por una operadora.
- h) **SERVICIOS DE COORDINACION DE RE LLAMADA COF (COordination of Flash Services)**  
Este bloque se encarga de las funciones de CL cuando más de dos abonados van a tomar parte en una misma conexión de habla (esto se aplica a ciertas facilidades de abonado).
- i) **CONEXIONES SEMIPERMANENTES SECA (SEmipermanent Connections)**  
Este bloque se encarga del establecimiento de conexiones semipermanentes a través del selector de grupo GSS.

La Figura 9.4 muestra la posición central que ocupa el subsistema TCS en el sistema AXE.

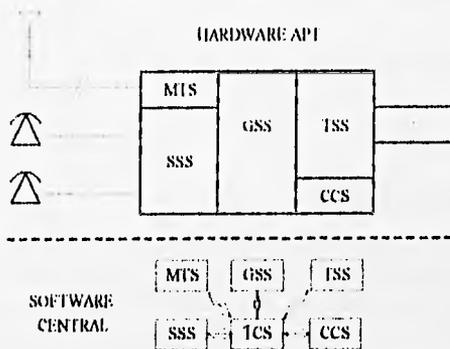


Figura 9.4 Subsistema TCS en AXE (No se incluyen todos los subsistemas).

## SEÑALIZACION EN AXE

El proceso de desarrollo y evolución de los sistemas de señalización ha dado por resultado la existencia de una mezcla de tecnologías en las redes de telecomunicaciones. 9

La característica más importante de los Circuitos de Centralización (centralización de línea) es la de permitir al mismo tiempo diferentes sistemas de señalización, esta es posible por gracias de la TCS.

En el sistema AXE, esta característica ha sido proporcionada a través de la misma Central de Automatización TSS a las necesidades del subsistema TCS para diferentes sistemas de señalización (Figura 9.5). El TCS entonces no necesita ser modificado independientemente de que a cuáles sistemas de señalización se requieren.

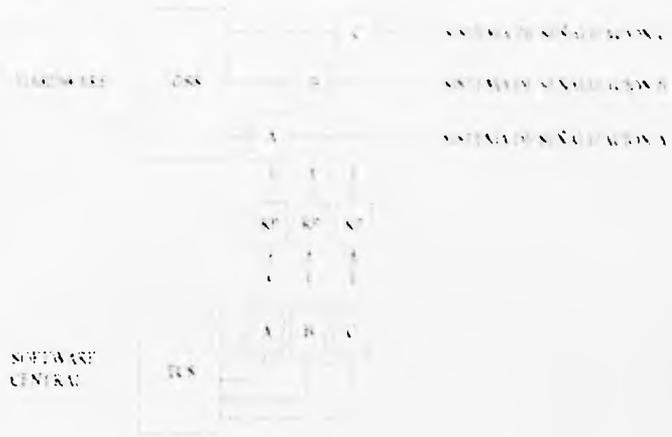


Figura 9.5 Adaptabilidad de TSS para diferentes sistemas de señalización

**HARDWARE DE TSS Y CCS**

**TRONCALES ENFRANTES Y SALIENTES**

La Figura 9.6 muestra el hardware de las troncales entrantes y salientes. El Circuito Terminal de la Central ETC (Exchange Terminal Circuit) es el hardware del bloque BT. Un ETC consiste de una tarjeta de circuito impreso que se coloca en un magatzin. Cada canal, en una conexión digital es vista como un dispositivo BT. Si se emplea un sistema de 32 canales sólo 10 de los canales pueden ser utilizados para voz. El canal cero se usa para sincronización e información de alarma, mientras que el canal 16 es usado para señalización (Sección 2.3.1.3)

La característica más importante de las Centrales de Conmutación consideradas en la red, es la de manejar al mismo tiempo diferentes sistemas de señalización, esta es además una premisa de la RDSI

En el sistema AXE, esta característica ha sido proporcionada a través de la adaptabilidad del subsistema TSS a las necesidades del subsistema TCS para diferentes sistemas de señalización (Figura 9.5). El TCS, entonces, no necesita ser modificado independientemente de que o cuales sistemas de señalización se requieran.

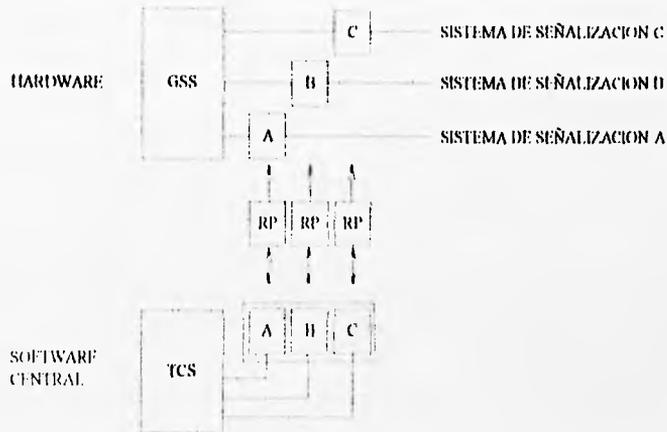
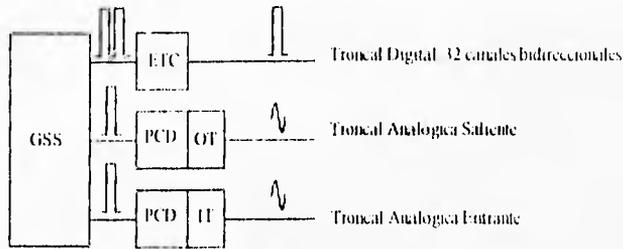


Figura 9.5 Adaptabilidad de TSS para diferentes sistemas de señalización.

## HARDWARE DE TSS Y CCS

### TRONCALES ENTRANTES Y SALIENTES

La Figura 9.6 muestra el hardware de las troncales entrantes y salientes. El Circuito Terminal de la Central ETC (Exchange Terminal Circuit) es el hardware del bloque BT. Un ETC consiste de una tarjeta de circuito impreso que se coloca en un magazin. Cada canal, en una conexión digital es vista como un dispositivo BT. Si se emplea un sistema de 32 canales sólo 30 de los canales pueden ser utilizados para voz. El canal cero se usa para sincronización e información de alarma, mientras que el canal 16 es usado para señalización (Sección 2.3 1.3).



ETC: Circuito Terminal de la Central (Exchange Terminal Circuit)  
 GSS: Subsistema de Selección de Grupo (Group Switching Subsystem)  
 IT: Troncal Entrante (Incoming Trunk)  
 OT: Troncal Saliente (Outgoing Trunk)  
 PCD: Dispositivo PCM (PCM Device)

~ Señal Analógica

⏏ Señal Digital

Figura 9.6 Hardware de troncales entrantes y salientes.

El bloque funcional Troncal Saliente OT (Outgoing Trunk) se usa para manejar las conexiones analógicas salientes

El Hardware consiste de un magazín que contiene 32 dispositivos y un convertidor analógico digital. El convertidor, designado PCD (PCM Device) no cuenta con software y no tiene funciones de señalización

El bloque funcional Troncal Entrante IT (Incoming Trunk) se usa para manejar las conexiones analógicas entrantes. El hardware es casi idéntico al del bloque OT.

Dado que existen diferentes tipos de señalización, a los bloques funcionales que lo manejan se les designan por diferentes números: BT1, BT2, etc. Cada variante se refiere a un sistema de señalización específico.

Los emisores de código CS (Code Sender) y los receptores de código (Code Receiver) se emplean para enviar señales de registro MFC. Los CR/CS se conectan a través de un selector de grupo a los dispositivos (IT, OT o BT) que quieren intercambiar señales de registro del tipo MFC

### TERMINALES DE SEÑALIZACION EN CCS

Las terminales de señalización ST (Signalling Terminal), son utilizadas para señalar de acuerdo con el Sistema CCITT No. 7, se conectan al selector de grupo GSS via un PCD-D. Dado que las terminales de señalización son dispositivos digitales, el equipo PCD-D no cuenta con la función de conversión, específicamente sirve como dispositivo de adaptación hacia el selector de grupo.

La información de señalización de una terminal de señalización es enviada a través del selector de grupo GSS a un cierto canal en un ETC. Este canal se usa exclusivamente para la

señalización. La ventaja de conectar las terminales de señalización via el selector de grupo es que algunos dispositivos pueden ser mantenidos en reserva y automáticamente se reemplazan los dispositivos que no estén en condiciones de operar. La Figura 9.7 muestra la conexión de las terminales de señalización

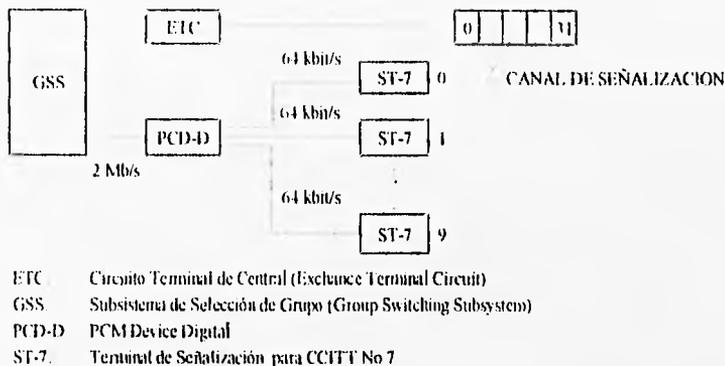


Figura 9.7 Terminales de Señalización CCITT No. 7.

### ETAPA DE ABONADO DIGITAL

La etapa de abonado en AXE es digital, lo cual significa que la señal analógica proveniente de la línea del abonado es convertida en señal digital. Esta conversión se efectúa en el Circuito de Interfaz de Línea LIC (Line Interface Circuit) del abonado y toda la conmutación es digital.

Las funciones básicas de la etapa de abonado son las siguientes:

- a) Alimentación eléctrica a la línea de abonado.
- b) Concentración del tráfico hacia el selector de grupo.
- c) Recepción de dígitos provenientes de teléfonos con disco dactilar (pulsos).
- d) Recepción de dígitos provenientes de teléfonos de teclado (tonos).
- e) Envío de señales de campana al abonado.
- f) Envío de tonos diversos al abonado.
- g) Desarrollo de mediciones en la línea del abonado.
- j) Detección

Algunas de las funciones anteriores son comunes a muchos abonados, otras son individuales. Todas las funciones individuales están concentradas en el LIC del abonado. Estas funciones son: alimentación eléctrica, inversión de polaridad, recepción de pulsos provenientes de teléfonos de disco, liberación de señales de campana conectadas previamente, liberación de equipo de prueba conectado previamente y conversión analógica a digital.

El LIC no tiene equipo para recepción de dígitos provenientes de teléfonos de teclado (tonos). El equipo para esta función de recepción es común para varios abonados y es llamado Circuito Receptor de Código de Teclado KRC (Key-set Code Reception Circuit). Este dispositivo

es digital. Para conectar los KRCs a los abonados se requiere de un selector designado Selector de Tiempo del Módulo de Extensión EMFS (Extension Module Time Switch)

Se requiere equipo adicional para conectar a los abonados al selector de grupo. Este equipo que maneja 32 canales digitales hacia el selector de grupo, es llamado Tarjeta Terminal de Central ETB (Exchange Terminal Board)

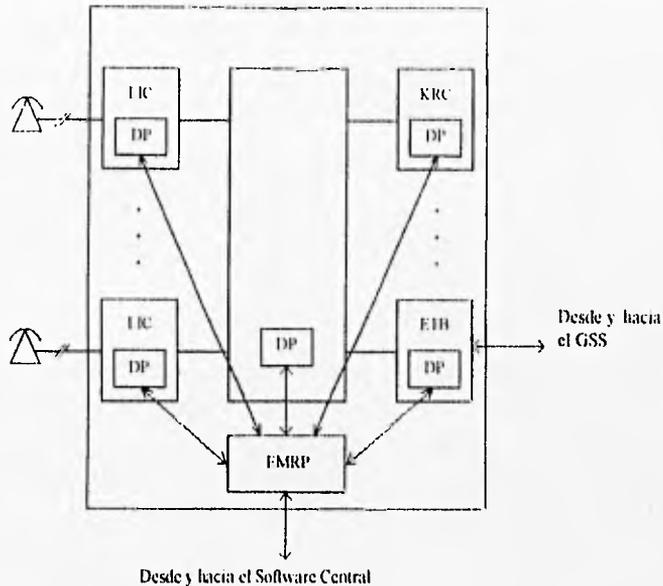
El ETB es el hardware de un bloque funcional llamado Terminal Remota RT (Remote Terminal)

El número de abonados que pueden conectarse a un EMFS es de 128 (LICs), 8 KRCs y un ETB de 32 canales. Todo esto se refiere a un Módulo de Extensión EM (Extension Module) o un LSI (Line Switch Module)

#### **SOFTWARE REGIONAL DE LA ETAPA DE ABONADO**

El software regional para la etapa de abonado se almacena y ejecuta en un procesador designado Procesador Regional del Módulo de Extensión EMRP (Extension Module Regional Processor)

La exploración rutinaria del hardware es efectuada por pequeños microprocesadores localizados en diferentes partes del hardware. Estos son llamados Procesadores de Dispositivo DP (Device Processor) y son a su vez explorados por un EMRP (Figura 9.8).



- DP: Device Processor
- EM: Extension Module
- EMRP: Extension Module Regional Processor.
- EMTS: Extension Module Time Switch
- GSS: Group Switching Subsystem
- KRC: Key-set Code Reception Circuit.
- LIC: Line Interface Circuit
- LSM: Line Switch Module

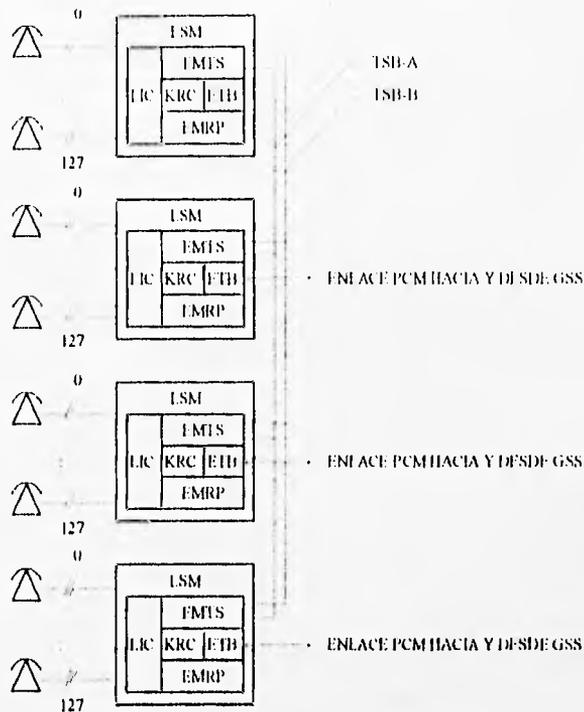
Figura 9.8 Procesadores regionales DPs en el módulo de extensión EM.

La ventaja principal del uso de una etapa de abonado digital es su instalación separada de la Central y cercana a los abonados. Esto implica menor costo y mantenimiento.

### **SELECTOR DE ABONADO REMOTO RSS (REMOTE SUBSCRIBER SWITCHING)**

La etapa de abonado como una unidad separada de la Central es llamada Selector de abonado Remoto RSU (Remote Subscriber Unit)

Dado que la capacidad de 128 abonados (concentrados en un LSM (EM)) es muy pequeña, es posible combinar varios LSMs para obtener la capacidad requerida. La Figura 9.9 muestra el arreglo de LSMs para 512 abonados, por ejemplo



TSB-A : Bus de Selección de Tiempo Plano A (Time Switch Bus A)

TSB-B : Bus de Selección de Tiempo Plano B (Time Switch Bus B)

Figura 9.9 Etapa de abonado remoto para 512 abonados.

Como se observa en la Figura 9.9, el LSM superior no tiene contacto directo con la Central principal, y las llamadas provenientes de este LSM deberán por tanto usar el bus que interconecta a todos los LSMs. Este bus es llamado Bus Selector de Tiempo TSB y es usado para información de habla, el bus está duplicado por razones de confiabilidad.

Las características del arreglo de la etapa de abonado (Figura 9.9) son las siguientes:

a) El número de enlaces PCM hacia la Central principal puede ser adaptado al volumen del tráfico.

Esto significa que no es necesario un enlace PCM para cada uno de los LSMs.

b) Si el enlace PCM "propio" no tiene canales libres, otro enlace PCM puede usarse. Esto hace a la etapa de abonado inmune a situaciones con una carga de tráfico desbalanceada.

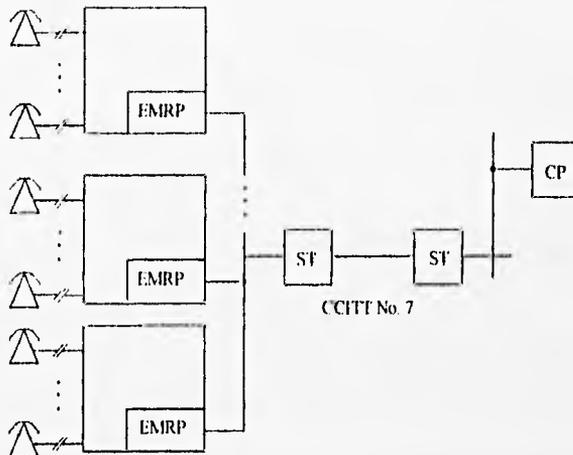
c) Si se pierde contacto con la Central principal, esto no afectará el tráfico interno en la etapa de abonado.

d) De la totalidad de los canales disponibles (12·3·96) de la etapa de abonado para intercambio de información con la Central, los canales 0 y 16 de dos enlaces PCM serán utilizados para sincronización y señalización respectivamente, el canal 0 del tercer enlace PCM también será utilizado para la sincronización del tercer enlace, y dado que el canal 16 no es requerido para sincronización, se tiene una capacidad de 91 llamadas simultáneas.

e) La capacidad máxima de LSMs que pueden ser conectados mediante el arreglo de etapa de abonado es de 16. De esta manera, el número de abonados atendidos por una unidad separada puede variar entre 128 y 2048.

### COMUNICACION CP-EMRP

La comunicación entre el procesador central CP y el procesador regional del módulo de extensión EMRP, a través de la distancia geográfica que los separa, se efectúa por Señalización por Canal Común, de acuerdo con el arreglo mostrado en la Figura 9.10.



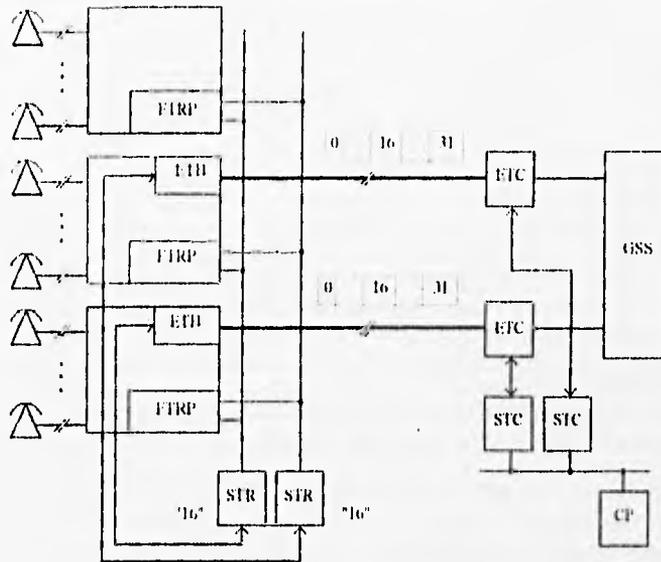
CP. Central Processor.  
EMRP. Extension Module Regional Processor.  
ST. Signalling Terminal.

Figura 9.10 Comunicación CP-EMRP.

En la comunicación CP-EMRP se utiliza un canal de habla para el envío de señales, en vez de utilizar una línea separada que significaría un mayor costo. El canal utilizado para la Señalización CCITT No. 7 es el 16. La información de señalización desde el CP es procesada y reformateada en una Terminal de Señalización localizada en la Central principal. Esta terminal es designada como Terminal Central de Señalización STC (Signalling Terminal Central)

A través de un Circuito Terminal de Central ETC (Exchange Terminal Circuit), que actúa como interfaz entre la línea PCM y el selector de grupo GSS, la STC transfiere la información de señalización por el canal 16. La información de señalización, es entonces, extraída en el equipo ETB de la etapa de abonado.

La Terminal Regional de Señalización STR (Signalling Terminal Regional) reformatea la información de señalización y la envía hacia el EMRP concerniente en el bus de EMRP (EMRPB). La Figura 9.11 muestra la esquematación de este procedimiento.



- CP: Central Processor.
- EMRP: Extension Module Regional Processor.
- EMRPB-A: EMRP Bus A.
- EMRPB-B: EMRP Bus B.
- ETB: Exchange Terminal Board.
- ETC: Exchange Terminal Circuit.
- GSS: Group Switching Subsystem.
- STC: Signalling Terminal Central.
- STR: Signalling Terminal Regional.
- "16": Canal 16 en la línea PCM.

Figura 9.11 Comunicación CP-EMRP por Señalización CCITT No. 7.

La redundancia de dispositivos mostrada en la Figura 9.11 para STCs, STRs, EMRPBs y enlaces de señalización es por razones de confiabilidad.

### 9.1.2 IMPLEMENTACION DE CCITT No. 7 EN AXE

El sistema de señalización CCITT No. 7, como se estableció anteriormente, se basa en la estructura de niveles del modelo OSI, en donde cada nivel desempeña funciones definidas. En AXE, estas funciones están implementadas en un número de bloques funcionales incluidos en diferentes subsistemas.

La PTM está implementada en el subsistema CCS y la PUT está en el subsistema TSS. La función principal de TSS para el sistema No. 7 es la traducción de la información de señalización al formato estandarizado por el CCITT. El TSS puede manejar diferentes sistemas de señalización. El subsistema CCS consta de varios bloques funcionales divididos en cuatro grupos separados: FUNCIONES DE ENLACE DE SEÑALIZACION, FUNCIONES DE PROCESAMIENTO DE MENSAJES, FUNCIONES DE ADMINISTRACION DE LA RED DE SEÑALIZACION Y FUNCIONES DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

Los bloques funcionales del subsistema CCS son:

- a) **TERMINAL DE SEÑALIZACION C7, C7ST (C7 Signalling Terminal)**. Este bloque constituye la unidad de hardware, ST7. El bloque incluye las funciones para recepción y transmisión de USM (Funciones de Enlace de Señalización).
- b) **DISCRIMINACION, DISTRIBUCION Y ENRUTAMIENTO C7, C7DR (C7 Discrimination, Distribution and Routing)**. C7DR contiene las funciones de administración de manejo, tráfico y enrutamiento de mensajes en la red CCS. Estas funciones son responsables del direccionamiento de mensajes a las terminales de señalización apropiadas o Partes de Usuario. Este bloque contiene códigos internos, los cuales corresponden a los CPs (Códigos de Puntos de Señalización) de una Central.
- c) **GESTION DEL PUNTO DE DESTINO C7, C7DP (C7 Destination Point Management)**. Este bloque determina la VS que acarreará el tráfico de señalización a un punto de destino interoperable.
- d) **GESTION DE LA VIA DE SEÑALIZACION C7, C7LS (C7 Link Set Management)**. C7LS efectúa la supervisión anterior y posterior a un evento de falla o bloqueo de la Via de Señalización. El objetivo es desviar el tráfico de señalización de un Enlace de Señalización en falla a uno o más Enlaces de Señalización reservados, tan rápido como sea posible.
- e) **GESTION DEL ENLACE DE SEÑALIZACION C7, C7SL (C7 Signalling Link Management)**. Este bloque administra el estatus para todos los Enlaces de Señalización y coordina el bloqueo-desbloqueo de los Enlaces.
- f) **ADMINISTRACION DE LA RUTA DE SEÑALIZACION E INFORMACION DE CONMUTACION C7, C7DPA (C7 Administration of Signalling Route and Exchange Data)**.
- g) **ADMINISTRACION DE LA INFORMACION DE LA TERMINAL DE SEÑALIZACION C7, C7STDA (C7 Signalling Terminal Data Administration)**. Estos bloques controlan el manejo de los bloques para la administración de la información de la Ruta de Señalización, Información del tipo de terminal e información del Enlace de Señalización.
- h) **MANTENIMIENTO DE LA TERMINAL DE SEÑALIZACION C7, C7STM (C7 Signalling Terminal Maintenance)**. Este bloque controla el comportamiento funcional de todo el Enlace de Señalización mediante la transmisión periódica de mensajes de prueba. El mensaje de prueba se conecta en bucle en la Central propia o externa. Una situación de falla inicia el procedimiento de paso a enlace de reserva o a encaminamiento forzado. Una situación de falla de

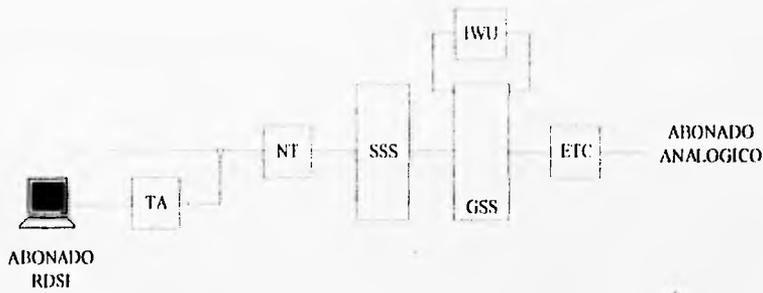
naturaleza permanente inicia automáticamente procedimientos para la localización de la falla. Esto se efectúa estableciendo enlaces de bucle en el Terminal de Señalización y en el Selector de Grupo.

## 9.2 INTEROPERABILIDAD

Aún y cuando se prevee la sustitución de la totalidad de las redes independientes por la RDSI, dichas redes continuarán operando en forma paralela en tanto se produce la sustitución, requiriéndose entonces de un bus de intercomunicación. Por supuesto un abonado RDSI deseará poder establecer comunicación con usuarios conectados a otras redes de datos, lo mismo que a los abonados de la red analógica convencional.

El concepto de INTEROPERABILIDAD está basado en la disponibilidad de las redes de comunicaciones para permitir la conectividad e intercambio de información con otras redes de comunicaciones.

La comunicación entre dos usuarios RDSI no requiere de adaptación especial. La red provee un canal de acceso que puede ser libremente usado por los abonados para diferentes tipos de comunicación. Si, por otro lado, un abonado desea enviar datos a un abonado conectado a la red telefónica pública analógica convencional, es necesario efectuar operaciones de adaptación. En estas situaciones el abonado analógico requiere de un modem para convertir sus señales digitales de datos a señales analógicas, lo cual no ocurre con el abonado RDSI que no necesita un modem propio, el cual conecta su equipo vía un modem común, denominado *modem fuente* (modem pool) en la Central. Esta fuente está constituida por diferentes tipos de modems para diferentes velocidades de transmisión (300 a 9600 bit/s), así entonces, el usuario RDSI puede seleccionar una unidad de colaboración denominada IWU (InterWorking Unit) que contiene un modem, adaptado a la velocidad de transmisión y un convertidor A/D. Para asegurar acceso simple a todos los IWUs, estos se encuentran conectados en una fuente a través del selector de grupo de la Central (Figura 9.12).



- ETC Circuito Terminal de Conmutación (Exchange Terminal Circuit).
- GSS Subsistema de Selección de Grupo (Group Switching Subsystem).
- IWU. Unidad de Interoperabilidad (Inter Working Unit).
- NT. Terminación de Red (Network Termination).
- SSS Subsistema Selector de Abonado (Subscriber Switching Subsystem).

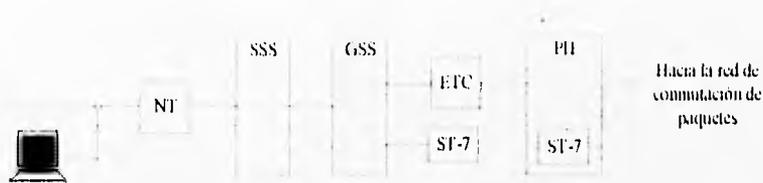
Figura 9.12 Comunicación de datos entre un usuario RDSI y un usuario analógico v/a modem.

La unidad IWU actúa como un adaptador de señales RDSI con señales de otras redes. Esta unidad está constituida por software y hardware.

Para poder establecer la comunicación entre un abonado RDSI y un abonado conectado a una red de conmutación de paquete, se emplea la facilidad de conmutación en paquete. Es posible implementar esta facilidad en la red telefónica a través de un denominado MANEJADOR DE PAQUETE (Packet Handler). El flujo de datos a un manejador de paquete está formado de paquetes, cada uno con un campo o etiqueta de dirección que proporciona la identidad del emisor y del receptor. Usando la información de este campo, la función de manejo de paquete puede enviar los paquetes al destinatario.

La introducción de manejadores de paquete permite a los abonados RDSI comunicarse tanto con los abonados conectados a otras redes de comunicación en paquete (vía X.75) y con otros abonados RDSI y proporciona además, a los abonados RDSI acceso a facilidades que normalmente ofrece una red de conmutación en paquete.

La comunicación entre AXE y el manejador de paquete requiere de un sistema de señalización de alta capacidad basado en el sistema CCITT No. 7 (Figura 9.13).



ETC	Circuito Terminal de Conmutación (Exchange Terminal Circuit)
GSS	Subsistema de Selección de Grupo (Group Switching Subsystem)
NT	Terminación de Red (Network Termination)
PI	Manejador de Paquete (Packet Handler)
ST-7	Terminal de Señalización para CCITT No.7 (Signalling Terminal CCITT No.7)
SSS	Subsistema Selector de Abonado (Subscriber Switching Subsystem)

Figura 9.13 Conexión de manejadores de paquete a AXE.

### 9.3 CONSIDERACIONES PARA LA PLANEACION DE LA RED

Cuando un abonado realiza una llamada, se establecen una cadena de conexiones entre las Centrales de conmutación involucradas. Para cada conexión (canal de voz o datos) de esta cadena, se realiza un procedimiento de señalización, primero para el establecimiento de la conexión y después para la liberación de la conexión.

El tráfico en la red de Señalización por Canal Común consiste de mensajes originados para diferentes servicios, que a su vez originan una mezcla de mensajes de diferentes longitudes.

Conforme a esto, para poder dimensionar la red de señalización por canal común se deben considerar los siguientes factores:

#### 1. TIPO DE SERVICIO

a) ESTABLECIMIENTO DE UN CANAL DE VOZ. Se proporciona haciendo uso de la PTM (Parte de Transferencia de Mensajes) y la PUT (Parte de Usuario Telefónico) ó PUSI (Parte de Usuario de RDSI).

b) SOLICITUD DE INFORMACION A BASES DE DATOS CENTRALIZADAS. Se proporciona haciendo uso de la PTM, PACT (Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción) y PCCS (Parte de Control de Conexión de Señalización).

c) TRANSFERENCIA DE INFORMACION ENTRE MTXs. Se proporciona haciendo uso de la PTM y PUTM (Parte de Usuario de Telefonía Movil)

d) TRANSFERENCIA DE INFORMACION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO. Se implementa con el uso de la PTM y POyM (Parte de Operación y Mantenimiento).

#### 2. NUMERO Y LONGITUD DE USMs GENERADAS POR LLAMADA.

a) Establecimiento y liberación de una llamada exitosa (Tabla 9.0.a).

UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN	LONGITUD [OCETOS]	
	CS	USM
MID MENSAJE INICIAL DE DIRECCION	14	21
MDC MENSAJE DE DIRECCION COMPLETA	7	14
RCT RESPUESTA CON TASACION	6	13
COI LIBERACION EN SENTIDO DE RETORNO	6	13
FIN LIBERACION EN SENTIDO DE IDA	6	11
IGI LIBERACION DE GUARDA	6	11
TOTAL	45	87

Tabla 9.0.a

b) Servicio 800 (Tabla 9.0.b)

UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN	LONGITUD* [OCETOS]
	USM
SOLICITUD	60
RESPUESTA	60
MENSAJE DE TERMINACION DE LLAMADA	60
TOTAL	180

\* APROXIMACION

Tabla 9.0.b.

c) Validación de tarjetas de credito (Tabla 9.0.c).

UNIDAD DE SEÑALIZACIÓN	LONGITUD* [OCETOS]
	USM
SOLICITUD	60
RESPUESTA	40
TOTAL	100

\* APROXIMACION

Tabla 9.0.c

3. PRONOSTICO DE LLAMADAS COMPLETADAS Y GRADO DE CONGESTION

4. CONFIABILIDAD (Redundancia en Enlaces de Señalización)

La estructura de la red de señalización por canal común debe estar diseñada de tal forma que siempre existan dos trayectorias de comunicación separadas para todas las Relaciones de Señalización en la red (par de Enlaces de Señalización)

Debido a la configuración de la estructura de la red de señalización, esta puede permanecer manejando el tráfico cuando una serie de fallos ocurran.

5. RETARDOS O TIEMPOS DE TRANSFERENCIA

Dependiendo de la carga de los Enlaces de Señalización, PSs y PSTs los retardos se pueden clasificar en los dos tipos siguientes:

- a) Retardo de los PST.
- b) Retardo entre el PS origen y el PS destino.

## 6 INDISPONIBILIDAD

Se considera como indisponibilidad, al tiempo en que una parte específica de una red de señalización se encuentra fuera de servicio

Para el caso de SCC7 se debe considerar la indisponibilidad en

- a) Enlaces de Señalización
- b) Puntos de Señalización de Transferencia
- c) De PS a PS

## 7 CAPACIDAD DE LA RED

- a) Capacidad de los Nodos

Especifica la capacidad de tráfico máxima en un PST. Puede ser expresada como un valor promedio del número de mensajes por segundo o número de octetos por segundo

- b) Capacidad de los Enlaces de Señalización.

La carga normal recomendada en un Enlace de Señalización es de 0.15 Erlangs. En una Relación de Señalización, entonces, cada Enlace de Señalización debe ser capaz de soportar el doble de la capacidad normal recomendada, es decir, 0.3 Erlangs con el propósito de asegurar el servicio en caso de falla de uno de los dos Enlaces de Señalización

## 8 ESTRUCTURA DE LA RED

- a) Jerarquía

La Red de Señalización por Canal Común deberá tener dos niveles de PSTs

- i) PST's Regionales.
- ii) PST's Locales.

De esta forma el tráfico entre PSs distantes puede ser concentrado y/o transferido eficientemente.

- b) Topología

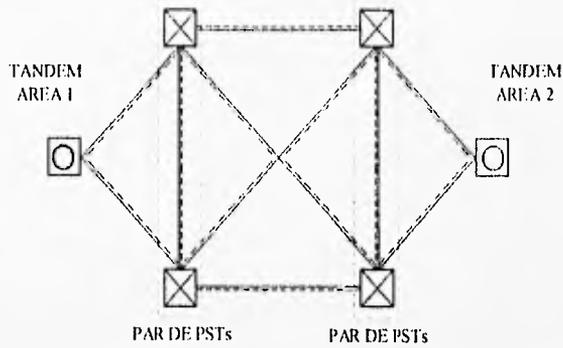
Las Topologías de Red consideradas son las dos estructuras básicas mostradas en la Tabla 9.1

TIPO DE ESTRUCTURA	CARACTERISTICA PRINCIPAL	CAPACIDAD
MALLA SIMPLE	Los ESs y PSTs están agrupados en forma par (Figura 9.14 a).	$L_{11} = 0.5 L_0$
MALLA MULTIPLE	Los PSs están agrupados en conjuntos e interconectado a un par de PST a través de dos ESs (Figura 9.14 b)	$L_{11} = 0.67 L_0$

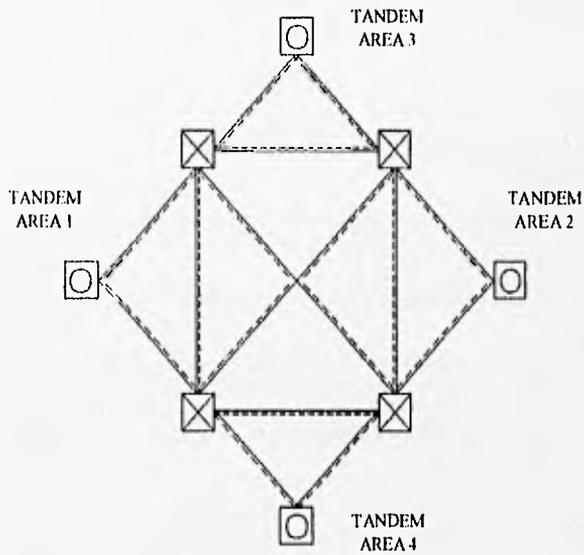
$L_{11}$  = Capacidad de un PST en situación normal de carga.

$L_0$  = Capacidad de un PST en caso de falla de un PST complementario (situación de sobrecarga)

Tabla 9.1 Estructuras básicas de Red.



a)



b)

Figura 9.14 Topologías básicas de Red a) Malla Simple. b) Malla Múltiple.

El resultado del proceso de planeación deberá permitir conocer los siguientes parámetros básicos:

- a) Localización de los PSTs.

- b) Asignación de los Grupos de Señalización (Conjuntos de PSs)
- c) Número de ESs por Grupo de Señalización
- d) Carga de los PSTs
- e) Carga en los Enlaces de Señalización
- f) Verificación de los parámetros de rendimiento de retardo e indisponibilidad

## 9.4 PARAMETROS DE LA RED DE SEÑALIZACIÓN

### 9.4.1 PARAMETROS ASOCIADOS AL TRAFICO PUT

#### CAPACIDAD DE CARGA DEL ENLACE DE SEÑALIZACIÓN PARA UNA CENTRAL LOCAL

Considerese  $n_s$  como el número de abonados conectados a la Central y designese  $E$  como el nivel de tráfico total (excluyendo tráfico interno) por abonado en Erlangs

Si se define como Tiempo de Ocupación (Holding Time,  $t_h$ ) el tiempo durante el cual se utiliza el circuito y el cual comprende la duración de la conversación, el tiempo de operación (comprende el funcionamiento de los equipos de conmutación), el intercambio de información de servicio, etc, se obtiene la relación

$$L_0 = n_s \cdot E / t_h$$

donde  $L_0$  = Intensidad de llamadas [llamadas/s],  
 $n_s$  = Número de abonados conectados a la central,  
 $E$  = Nivel de tráfico por usuario [Erlangs],  
 $t_h$  = Tiempo de Ocupación [s]

Dado que  $L_0$  representa el número de llamadas por segundo, por central durante una situación de carga máxima, es posible obtener el número de USM's por segundo asociadas a la intensidad de llamadas de la central a través de la siguiente expresión

$$L_0 [\text{USM/s}] = L_0 [\text{llamadas/s}] \cdot r$$

donde  $r$  = Número de USM's por llamada

De la misma forma, es posible obtener entonces, el número de octetos por unidad de tiempo si se considera el número promedio de octetos equivalente a una USM, obteniendo

$$L_0 [\text{Octetos/s}] = L_0 [\text{USM/s}] \cdot r'$$

donde  $r'$  = Número promedio de Octetos que constituyen una USM.

La velocidad de transmisión en bits por segundo se obtiene entonces de la siguiente expresión

$$v_{1x} [\text{bits/s}] = L_0 [\text{Octetos/s}] \cdot b$$

### 9.4.2 PARAMETROS ASOCIADOS A LA CARGA DE UN PST

La capacidad de carga de un PST se ha de designar igualmente en base al número de USM's por segundo que es capaz de soportar bajo condiciones de carga normal. En base a este

parámetro, es posible determinar el número máximo de ESs que pueden ser conectados a un PST dependiendo de las USM's por segundo de cada ES, la expresión es

$$n_{ES} = L_{nPST} / L_{nES}$$

donde  $n_{ES}$  = Número de ES,  
 $L_{nPST}$  = Carga normal del PST,  
 $L_{nES}$  = Carga normal del ES

En los PST integrados en Tandem, el tráfico SCC7 de la ruta del Tandem (no a través de PST's) deberá ser menor a la carga del PST.

## 9.5 UNIDADES DE SEÑALIZACION

La información de señalización procedente de la PU o de la PTM se transfiere por ESs por medio de USs.

Una US es una secuencia de octetos cuya agrupación constituye un paquete de información relativa a funciones del ES, manejo de mensajes, gestión de red y operación y mantenimiento, que es transferida como una unidad independiente por la función de PTM.

Cada US contiene básicamente dos tipos de campos:

a) Información de servicio y control de la US (longitud fija).

Se refiere a información relativa al control de la transmisión de la US en secuencia correcta y sin pérdida ni duplicación. La estructura y secuencia de los campos de información de servicio y control es el mismo para todas las USs independientemente de su tipo.

b) Información de señalización (longitud variable).

i) Información para la identificación y formato del mensaje.

ii) Información de usuario, una o más señales de control de una comunicación telefónica e información de gestión y mantenimiento.

iii) Establece las diferencias que permiten clasificar a la US en los tres tipos especificados en la Sección 3.2.1.13.

### 9.5.1 FORMATO DE LAS UNIDADES DE SEÑALIZACION

El formato de las Unidades de Señalización consideradas se muestra en la Figura 9.15

INFORMACION DE SERVICIO Y CONTROL

BANDEJA	BITS DE CONTROL DE ERRORES		INDICADOR DE LONGITUD	BIT INDICADOR DIRECTO	NUMERO SECUENCIAL DIRECTO	BIT INDICADOR INVERSO	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BANDEJA
0111110								0111110
BAN	DE		IL	DID	NSD	DI	NSI	BAN
8	16		2	6	1	7	1	7

INFORMACION DE SEÑALIZACION

Figura 9.15 Formato básico de US.

9.5.2 INFORMACION DE SERVICIO Y CONTROL DE LA US

Se consideran los campos especificados en las Secciones 3.2.1.14 a 3.2.1.18.

9.5.3 INFORMACION DE SEÑALIZACION DE LA US

Esta información esta constituida por el Octeto de Información de Servicio, OIS y el Campo de Información de Señalización, CIS (Figura 9.16).

INFORMACION DE SEÑALIZACION

BANDEJA	BITS DE CONTROL DE ERRORES		INDICADOR DE LONGITUD	BIT INDICADOR DIRECTO	NUMERO SECUENCIAL DIRECTO	BIT INDICADOR INVERSO	NUMERO SECUENCIAL INVERSO	BANDEJA
0111110								0111110
BAN	DE		IL	DID	NSD	DI	NSI	BAN
8	16		2	6	1	7	1	7

CIS			OIS	
CAMPO DE MENSAJES/SENALES	CODIGO DE ENCAPSULAMIENTO	ETIQUETA DE ENRUTAMIENTO	CAMPO DE SUBSERVICIO	INDICADOR DE SERVICIO

Figura 9.16 Formato de la información de señalización en una US

#### 9.5.4 OCTETO DE INFORMACION DE SERVICIO, OIS

Se considera el especificado en la Sección 3.2.1.19.

El OIS comprende el Indicador de Servicio y el Campo de Subservicio (Figura 9.17)

CAMPO DE SUBSERVICIO				INDICADOR DE SERVICIO			
INDICADOR DE RED		RESERVA					
D	C	B	A	D	C	B	A

Figura 9.17 Octeto de Información de Servicio

El Indicador de Servicio se utiliza para asociar la información de señalización con una PU determinada. La asignación de códigos para el indicador de servicio se muestra en la Tabla 9.2.

D	C	B	A	ASIGNACION DE PU
0	0	0	0	MENSAJES DE GESTION DE RED SCC7
0	0	0	1	MENSAJES DE PRUEBA Y MENTENIMIENTO DE LA RED SCC7
0	0	1	0	RESERVA
0	0	1	1	PARTE DE CONTROL DE LA CONEXION DE SEÑALIZACION, PCCS
0	1	0	0	PARTE DE USUARIO TELEFONICO, PUT
0	1	0	1	PARTE DE USUARIO RDSI, PUSI
0	1	1	0	PARTE DE USUARIO DE DATOS, PUD (Llamadas y circuitos)
0	1	1	1	PARTE DE USUARIO DE DATOS, PUDF (Registro y cancelación de facilidades)
1	0	0	0	PARTE DE USUARIO DE PRUEBA DE LA PTM
1	0	0	1	RESERVA
1	1	1	1	

Tabla 9.2 Asignación de códigos para el indicador de servicio.

La información del campo de subservicio permite distinguir entre mensajes de señalización nacionales e internacionales.

La asignación de códigos para el campo de subservicio se muestra en la Tabla 9.3.

D	C	INDICADOR DE RED
0	0	RED INTERNACIONAL.
0	1	RESERVA (PARA USO INTERNACIONAL SOLAMENTE)
0	0	RED NACIONAL.
0	1	RESERVA (PARA USO NACIONAL SOLAMENTE)

Tabla 9.3 Asignación de códigos para el campo de subservicio

Los bits A y B no utilizados, son de reserva para posibles necesidades futuras que puedan exigir una función común para todas las PUs internacionales y PTM. Los bits se codifican 00

### 9.5.5 CAMPO DE INFORMACION DE SEÑALIZACION

Se considera el especificado en la Sección 3.2.1.20

El CIS comprende la Etiqueta de Enrutamiento, Código de Encabezamiento y Campo de Mensajes/Señales (Figura 9.18)

CAMPO DE MENSAJES/SEÑALES	CÓDIGO DE ENCABEZAMIENTO		ETIQUETA DE ENRUTAMIENTO		
	HI	II0	SES/CES/CIC	CPO	CPD
n x 8	4	4	4/4/12	14	14

Figura 9.18 Campo de Información de Señalización.

### 9.5.6 ETIQUETA DE ENRUTAMIENTO

Se localiza al principio del CIS y es utilizada por la PTM para enrutar el mensaje hacia su PSD y por la PU correspondiente para identificar la tarea específica a la que se refiere el mensaje. La longitud de la etiqueta consiste de un número entero de octetos. Se consideran dos tipos de etiquetas (Figura 9.19).

#### a) Etiqueta Normalizada.

Se consideran tres tipos de etiquetas normalizadas

- i) Tipo A. Enviada en las USMs referentes a PUT (Etiqueta Telefónica), tiene una longitud fija de 5 octetos.
- ii) Tipo B. Enviada en las USMs referentes a PUSI, tiene una longitud fija de 6 octetos.
- iii) Tipo C. Enviada en las USMs referentes a PCCS (Parte de Control de Conexión de la Señalización), tiene una longitud fija de 4 octetos.

#### b) Etiqueta de Gestión de Red.

Es enviada en las USMs provenientes del nivel 3, referentes a

- i) Gestión de Red y
- ii) Prueba y Mantenimiento de la Red

CODIGO DE IDENTIFICACION DE CIRCUITO	DE CODIGO DE PUNTO DE ORIGEN	DE CODIGO DE PUNTO DE DESTINO
CPD	CPO	CTD
12	14	14

a)

CODIGO DE IDENTIFICACION DE CIRCUITO	SELECCION DEL ENLACE DE SEÑALIZACION	DE CODIGO DE PUNTO DE ORIGEN	DE CODIGO DE PUNTO DE DESTINO
CPD	SES	CPO	CTD
12	4	14	14

b)

SELECCION DEL ENLACE DE SEÑALIZACION	DE CODIGO DE PUNTO DE ORIGEN	DE CODIGO DE PUNTO DE DESTINO
SES	CPO	CTD
4	14	14

c)

CODIGO DE ENLACE DE SEÑALIZACION	DE CODIGO DE PUNTO DE ORIGEN	DE CODIGO DE PUNTO DE DESTINO
CPD	CPO	CTD
4	14	14

d)

Figura 9.19 Etiquetas de Enrutamiento. a) Normalizada Tipo A. b) Normalizada Tipo B. c) Normalizada Tipo C. d) De gestión de Red

### 9.5.7 CODIGO DE PS

El Código del Punto de Destino, CPD, indica el PSD del mensaje y el Código de Punto de Origen, CPO, indica el PSO del mensaje. La estructura del código dependerá del tipo de aplicación, Internacional o Nacional. De acuerdo con la estructura propuesta en la Sección 8.4.1, un PS podrá tener más de un código que lo identifique

### 9.5.8 SELECCION DEL ENLACE DE SEÑALIZACION, SES

El SES deberá ser utilizado cuando se requiera para efectuar la compartición de carga de tráfico entre Enlaces de Señalización. Este campo existe en todos los tipos de mensajes referentes a cualquier PU y en los cuales es necesario mantener el orden de transmisión de los mensajes, codificando el mismo valor para todos los mensajes que pertenecen a la misma transacción. Un

CPD se asocia típicamente con más de un Enlace de Señalización que puede utilizarse para transmitir los mensajes. Se establecen dos tipos de compartición de carga:

- a) Compartición de carga entre canales pertenecientes a la misma VS
- b) Compartición de carga entre canales no pertenecientes a la misma VS

El campo SES tiene una longitud de 4 bits para cualquier PU

### 9.5.9 CODIGO DEL ENLACE DE SEÑALIZACION, CES

El CES indica el Enlace de Señalización que conecta los PSD y PSO con el que tiene relación el mensaje.

Este campo existe en todos los tipos de mensaje referentes a gestión de la red y prueba y mantenimiento de la red, los cuales son mensajes del nivel 3 de la PTM. Si el mensaje no guarda relación con un Enlace de Señalización o no se especifica un código en particular, se asigna el código 0000.

El campo CES tiene una longitud de 4 bits para cualquier aplicación.

### 9.5.10 CODIGO DE IDENTIFICACION DE CIRCUITO, CIC

El CIC identifica el circuito de servicio entre aquellos que conectan directamente a los PUs de origen y destino. Este campo existe en todos los tipos de mensaje relacionados a un circuito. La asignación de CIC a cada circuito se efectúa en base a la aplicación y tipo de trayecto (2048 Kbit/s, 8448 Kbit/s y supergrupo 60 canales MDF).

El campo CIC tiene una longitud de 12 bits para cualquier aplicación y su estructura se muestra en la Figura 9.20.

NUMERO DE SISTEMA	NUMERO DE CANAL DE SERVICIO
L K J I H	G F E D C B A

Figura 9.20 Formato del Código de Identificación de Circuito, CIC.

Circuito de servicio derivado de un sistema PCM de 2.048 Mbps.

El CIC contiene en los bits ABCDE, el número de canal PCM de servicio al cual se refiere el mensaje.

Los códigos son binarios y se muestran en la Tabla 9.4.

CODIGO CIC							CANAL PCM(0-31)
G	F	E	D	C	B	A	
0	0	0	0	0	0	0	0 SINCRONIZACION
0	0	0	0	0	0	1	1 SERVICIO
0	0	0	1	1	1	1	15 SERVICIO
0	0	1	0	0	0	0	16 SCC7
0	0	1	0	0	0	1	17 SERVICIO
0	0	1	1	1	1	1	31 SERVICIO

Tabla 9.4

Los 5 bits del Número de sistema se utilizan para identificar uno o más sistemas PCM de primer orden que conecten directamente las PUs de origen y destino.

De existir un sólo sistema PCM, los 5 bits del número de sistema se deberán codificar 00001.

#### **CIRCUITO DERIVADO DE UN SISTEMA PCM DE 8.448 MBPS**

El CIC contiene en los bits ABCDEFG, el número de canal PCM de servicio al cual se refiere el mensaje.

Los sistemas PCM de 8 448 Mbps señalizados por canal común, asignan 128 canales para conversación y otros servicios (Rec. G.704).

Los códigos son binarios y se muestran en la Tabla 9.5

CODIGO CIC							CANAL PCM(0-131) (INTERVALO DE TIEMPO)	CANAL DE SERVICIO (0-127)
G	F	E	D	C	B	A		
							0 SINCRONIZACION	
0	0	0	0	0	0	0	1 SERVICIO	0 SERVICIO
0	0	0	0	0	0	1	2 SERVICIO	1 SERVICIO
0	0	1	1	1	1	1	32 SERVICIO	31 SERVICIO
							33 RESERVA NACIONAL	
0	1	0	0	0	0	0	14 SERVICIO	32 SERVICIO
0	1	1	1	1	1	1	65 SERVICIO	63 SERVICIO
							66 SINCRONIZACION (NO APLICABLE)	
1	0	0	0	0	0	0	67 SERVICIO	64
1	0	0	0	0	0	1	68 SERVICIO	65 SUC7
1	0	0	0	0	1	0	69 SERVICIO	66 (RESERVA)
1	0	0	0	0	1	1	70 SERVICIO	67
1	0	0	0	1	0	0	71 SERVICIO	68 SERVICIO
1	0	1	1	1	1	1	98 SERVICIO	95 SERVICIO
							99 RESERVA NACIONAL	
1	1	0	0	0	0	0	100 SERVICIO	96 SERVICIO
1	1	1	1	1	1	1	131 SERVICIO	127 SERVICIO

Tabla 9.5

Los 5 bits del Número de sistema se utilizan para identificar uno o más sistemas PCM de segundo orden que conecten directamente las PUs de origen y destino

De existir un solo sistema PCM, los 5 bits del número de sistema se deberán codificar 00001

#### **CIRCUITO DE SERVICIO EN UN SISTEMA MDF DERIVADO DE DOS SISTEMAS PCM DE 2.048 MBPS (60 CANALES)**

El CIC contiene en los bits ABCDEFG, el número de canal PCM de servicio al cual se refiere el mensaje.

Los 60 canales de los dos sistemas PCM se agrupan en 5 grupos primarios (MDF) de doce canales cada uno

Los códigos son binarios y se muestran en la Tabla 9.6.

CODIGO CIC							CANAL PCM (0-31) (INTERVALO DE TIEMPO)	CANAL MDF GRUPOS PRIMARIOS	
G	F	E	D	C	B	A			
0	0	0	0	0	0	0	0	SINCRONIZACION (NO APLICABLE)	
0	0	0	0	0	0	1	1	SERVICIO	1 SERVICIO
									GRUPO 1
0	0	0	1	1	0	0	12	SERVICIO	12 SERVICIO
0	0	0	1	1	0	1	13	SERVICIO	1 SERVICIO
0	0	0	1	1	1	1	15	SERVICIO	3 SERVICIO
0	0	1	0	0	0	0	16	SCC7 (SINCRONIZACION)	GRUPO 2
0	0	1	0	0	0	1	17	SERVICIO	4 SERVICIO
0	0	1	1	0	0	1	25	SERVICIO	12 SERVICIO
0	0	1	1	0	1	0	26	SERVICIO	1 SERVICIO
0	0	1	1	1	1	1	31	SERVICIO	6 SERVICIO
0	1	0	0	0	0	0	0	SINCRONIZACION (NO APLICABLE)	GRUPO 3
0	1	0	0	0	0	1	1	SERVICIO	7 SERVICIO
0	1	0	0	1	1	0	6	SERVICIO	12 SERVICIO
0	1	0	0	1	1	1	7	SERVICIO	1 SERVICIO
0	1	0	1	1	1	1	15	SERVICIO	9 SERVICIO
0	1	1	0	0	0	0	16	SCC7 (SINCRONIZACION)	GRUPO 4
0	1	1	0	0	0	1	17	SERVICIO	10 SERVICIO
0	1	1	0	0	1	1	19	SERVICIO	12 SERVICIO
0	1	1	0	1	0	0	28	SERVICIO	1 SERVICIO
									GRUPO 5
0	1	1	1	1	1	1	31	SERVICIO	12 SERVICIO

Tabla 9.6

Los 5 bits del Número de sistema se utilizan para identificar uno o más supergrupos que conecten directamente las PUs de origen y destino

De existir un sólo supergrupo, los 5 bits del número de sistema se deberán codificar 00001.

### 9.5.11 CODIGOS DE ENCABEZAMIENTO

Todos los mensajes de señales telefónicas contienen un encabezamiento formado por dos partes, CODIGOS DE ENCABEZAMIENTO H0 y H1. El código H0 identifica un grupo específico de mensajes, mientras que el código H1 contiene un código de señal o en el caso de mensajes más complejos, identifica el formato de estos mensajes. Cada US de una PU o de una función de la PTM se diferencia por el código de encabezamiento. Las Tablas 9.7, 9.8 y 9.9 indican la atribución de códigos de encabezamiento de los mensajes de Gestión de Red de Señalización, de la PUF y de la PUSI respectivamente.

#### 9.5.11.1 MENSAJES DE GESTION DE RED

La Tabla siguiente muestra los Codigos de Encabezamiento H0 y H1 correspondientes a la Unidades de Señalización de Gestión de Red.

GRUPO DE MENSAJES	H1	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
	0000																
MPA	0001		OPR	APR			ORS	ARS									
MEP	0010		PER	AER													
MCF	0011		PCR	TRC													
MTR	0100		PTR	APT	TRR		TRA	ATA									
MPR	0101		PRS	SRS													
MHG	0110		SE	SDE	SRE	SRDE	SDR	SDEF	RE	RDE							
MRT	0111		SRT														
MED	1000		CEB	SCC	CNC	CIM											
	1001																
CFP	1010		PVI														
	1011																
	1100																
	1101																
	1110																
	1111																

Tabla 9.7 Atribución de códigos de encabezamiento de los mensajes de gestión de la red de señalización.

#### DESCRIPCION DE MENSAJES DE GESTION DE RED

El significado de los nemónicos correspondientes a los Mensajes de Gestión de red es el siguiente:

- AER Señal de acuse de recibo de paso de emergencia a enlace de reserva
- APR Señal de acuse de recibo de paso a enlace de reserva
- APT Señal de acuse de recibo de transferencia prohibida
- ARS Señal de cuse de recibo de retorno al enlace de servicio
- ATA Señal de acuse de recibo de transferencia autorizada

CED	Señal de orden de conexión de enlaces de datos de señalización
CFP	Mensaje de control de flujo de parte de usuario
CIM	Señal de conexión imposible
CNC	Señal de conexión no completada
IDE	Señal de prueba de inhibición de enlace a distancia
ILE	Señal de prueba de inhibición local de enlace
MCF	Mensajes de control de flujo de tráfico de señalización
MED	Mensaje de orden de conexión de enlace de datos de señalización
MEP	Mensaje de paso de emergencia a enlace de reserva
MIG	Mensaje de inhibición por el sistema de gestión
MPA	Mensajes de paso a enlace de reserva y retorno a enlace de servicio
MPR	Señal de prueba de congestión de conjunto de rutas de señalización
MRT	Mensaje de reanudación de tráfico autorizada
MTR	Mensajes de prohibición de transferencia, de autorización de transferencia y de restricción de transferencia
OPR	Señal de orden de paso a enlace de reserva
ORS	Señal de orden de retorno al enlace de servicio
PCR	Mensaje de prueba de congestión de ruta de señalización
PER	Señal de orden de paso de emergencia a enlace de reserva
PRS	Señal de prueba de conjunto de rutas de señalización para destino prohibido
PTR	Señal de prohibición de transferencia
PUI	Señal de parte de usuario indisponible
SCC	Señal de conexión completada
SDE	Señal de rehabilitación de enlace
SDEF	Señal de rehabilitación forzada de enlace
SIE	Señal de inhibición de enlace
SIED	Señal de inhibición de enlace denegada
SRDE	Señal de acuse de rehabilitación de enlace
SRIE	Señal de acuse de recibo de inhibición de enlace
SRS	Señal de prueba de conjunto de rutas de señalización para destino restringido (opción nacional)
SRT	Señal de reanudación de tráfico autorizada
TRA	Señal de autorización de transferencia
TRC	Mensaje de transferencia controlada
TRR	Señal de restricción de transferencia

#### 9.5.11.2 MENSAJES DE LA PARTE DE USUARIO TELEFONICO, PUT

La Tabla 9.8 muestra los Códigos de Encabezamiento correspondientes a la Parte de Usuario Telefónico, PUT.

GRUPO DE MENSAJES	110	111	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
	0000	RESERVA PARA USO NACIONAL																
MDA	0001		MID	MLA	MSD	SDU												
MHI	0010		MHE		CON	ECO												
MPI	0011		MPG															
MIC	0100		MDC	MTA														
MHI	0101		CIU	CHC	CRN	SDI	STI	ABO	SNA	LES	IDE	SAP	IDS	PKM				IAI
MMI	0110	SRS	RCT	RST	COL	ENS	RR1	INT	SLA									MIAR
MSC	0111		UGC	BLO	ARB	DBL	ARD	PPC	RCL									
MSCG	1000		BGM	ABM	DGM	ADM	BGL	ABE	DGE	ABE	MRG	ARG	BGL	ABE	DGE	ADL		
MNS	1001		MCL	MAB	RAM	BSV	MPV	RSV	ILC									
	1010	RESERVA PARA USO NACIONAL E INTERNACIONAL																
	1011																	
	1100																	
	1101	RESERVA PARA USO NACIONAL																
	1110																	
	1111																	

Tabla 9.8 Atribución de códigos de encabezamiento de los mensajes PUT

### DESCRIPCION DE MENSAJES PUT

Las funciones de los nemónicos de los Códigos de Encabezamiento de los mensajes PUT son las siguientes:

- ABE Mensaje de acuse de bloqueo de grupo de circuitos por fallo del equipo
- ABL Mensaje de acuse de bloqueo de grupo de circuitos generado por el logicial
- ABM Mensaje de acuse de bloqueo de grupo de circuitos para mantenimiento
- ABO Señal (eléctrica) de abonado ocupado
- ADE Mensaje de acuse de desbloqueo de grupo de circuitos por fallo del equipo
- ADL Mensaje de acuse de desbloqueo de grupo de circuitos generado por el logicial
- ADM Mensaje de acuse de desbloqueo de grupo de circuitos para mantenimiento
- ARB Señal de acuse de bloqueo
- ARD Señal de acuse de desbloqueo
- ARG Mensaje de acuse de reinicialización de grupo de circuitos
- BGE Mensaje de bloqueo de grupo de circuitos por fallo del equipo
- BGL Mensaje de bloqueo de grupo de circuitos generado por el logicial
- BGM Mensaje de bloqueo de grupo de circuitos para mantenimiento
- BLO Señal de bloqueo
- CEC Señal de congestión en el equipo de conmutación
- CHC Señal de congestión en el haz de circuitos
- COL Señal de colgar (liberación en el sentido de retorno)
- CON Señal de continuidad
- CRN Señal de congestión en la red nacional

DBL	Señal de desbloqueo
DGE	Mensaje de desbloqueo de grupo de circuitos por fallo de equipo
DGL	Mensaje de desbloqueo de grupo de circuitos generado por el logicial
DGM	Mensaje de desbloqueo de grupo de circuitos para mantenimiento
FCO	Falta de continuidad
FIN	Señal de fin o desconexión (en el sentido de ida)
IAL	Indicación de mensaje ampliado hacia atrás de información sobre establecimiento no completado
ILC	Mensaje de identidad de línea conectada
INT	Señal de intervención
LFS	Señal de línea fuera de servicio
LGU	Señal de liberación de guarda
MAB	Mensaje de abonado llamado libre
MAR	Indicación de mensaje de respuesta ampliado
MCL	Mensaje de servicio suplementario CLAO
MDA	Mensaje de dirección hacia adelante
MDC	Mensaje de dirección completa
MEC	Mensaje hacia atrás de información sobre establecimiento completado
MEI	Señal hacia atrás de información sobre establecimiento no completado
MEL	Mensaje hacia adelante para establecimiento de la llamada
MIA	Mensaje inicial de dirección con información adicional
MID	Mensaje inicial de dirección
MIE	Mensaje hacia adelante de información general para establecimiento
MNN	Mensaje de nodo a nodo
MPE	Mensaje hacia atrás de establecimiento
MPG	Mensaje de petición general
MPV	Mensaje de petición de verificación de validación de grupo cerrado de usuarios
MRG	Mensaje de reinicialización de grupo de circuitos
MSC	Mensaje de supervisión de circuito
MSD	Mensaje subsiguiente de dirección
MSG	Mensaje de supervisión de grupo de circuitos
MSL	Mensaje de supervisión de la llamada
MTA	Mensaje de tasación
NNA	Señal de número no asignado
PPC	Señal de petición de prueba de continuidad
PRM	Prefijo interurbano mal marcado
PSV	Mensaje de selección y verificación de validación de grupo cerrado de usuarios
RAL	Respuesta del abonado llamante
RCI	Señal de reinicialización de circuito
RCT	Señal de respuesta, con tasación
RRE	Señal de petición de respuesta
RST	Señal de respuesta, sin tasación
RSV	Mensaje de respuesta de selección y validación de grupo cerrado de usuarios
SAP	Señal de acceso prohibido

<b>SDI</b>	Señal de dirección incompleta
<b>SDU</b>	Mensaje subsiguiente de dirección con una señal
<b>SLA</b>	Señal de liberación del abonado llamante
<b>SLI</b>	Señal de llamada infructuosa
<b>SRS</b>	Señal de respuesta, sin calificar
<b>TDN</b>	Señal de trayecto digital no proporcionado
<b>TIE</b>	Señal de envío de tono especial de información

	TIPO DE MENSAJE	CODIGO
MID	INICIAL DE DIRECCION	0 0 0 0 0 0 0 1
MISD	SUBSIGUIENTE DE DIRECCION	0 0 0 0 0 0 1 0
PIN	PETICION DE INFORMACION	0 0 0 0 0 0 1 1
INF	INFORMACION	0 0 0 0 0 1 0 0
CON	CONTINUIDAD	0 0 0 0 0 1 0 1
MDX	DIRECCION COMPLETA	0 0 0 0 0 1 1 0
CNX	CONEXION	0 0 0 0 0 1 1 1
INT	INTERVENCION	0 0 0 0 1 0 0 0
RSI	RESPUESTA	0 0 0 0 1 0 0 1
LIB	LIBERACION	0 0 0 0 1 1 0 0
SUS	SUSPENSION	0 0 0 0 1 1 0 1
REA	REANUDACION	0 0 0 0 1 1 1 0
LIC	LIBERACION COMPLETA	0 0 0 1 0 0 0 0
PPC	PETICION DE PRUEBA DE CONTINUIDAD	0 0 0 1 0 0 0 1
RCT	REINICIALIZACION DEL CIRCUITO	0 0 0 1 0 0 1 0
BIQ	BIQUEO	0 0 0 1 0 0 1 1
DBL	DESBLOQUEO	0 0 0 1 0 1 0 0
ARB	ACUSE DE RECIBO DE BIQUEO	0 0 0 1 0 1 0 1
ARD	ACUSE DE RECIBO DE DESBLOQUEO	0 0 0 1 0 1 1 0
RGC	REINICIALIZACION DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 0 1 0 1 1 1
BGC	BIQUEO DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 0 1 1 0 0 0
DGC	DESBLOQUEO DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 0 1 1 0 0 1
ARDG	ACUSE DE BIQUEO DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 0 1 1 0 1 0
ARDG	ACUSE DE DESBLOQUEO DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 0 1 1 0 1 1
PSM	PETICION DE MODIFICACION DE LA LLAMADA	0 0 0 1 1 1 0 0
MIC	MODIFICACION DE LLAMADA COMPLETADA	0 0 0 1 1 1 0 1
RMIL	MODIFICACION DE LLAMADA RECHAZADA	0 0 0 1 1 1 1 0
PEA	PETICION DE FACILIDAD	0 0 0 1 1 1 1 1
EAA	FACILIDAD ACEPTADA	0 0 1 0 0 0 0 0
REA	RECHAZO DE FACILIDAD	0 0 1 0 0 0 0 1
AEB	ACUSE DE ESTABLECIMIENTO DE BUQUE (USO NACIONAL)	0 0 1 0 0 1 0 0
LID	LIBERACION DIFERIDA (USO NACIONAL)	0 0 1 0 0 1 1 1
MIDP	PASO DE LARGO	0 0 1 0 1 0 0 0
ARRG	ACUSE DE REINICIALIZACION DEL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 1 0 1 0 0 1
IGC	INDICACION SOBRE EL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 1 0 1 0 1 0
RIG	RESPUESTA DE INDICACION SOBRE EL GRUPO DE CIRCUITOS	0 0 1 0 1 0 1 1
PRI	PROGRESION DE LA LLAMADA	0 0 1 0 1 1 0 0
BU	INFORMACION DE USUARIO A USUARIO	0 0 1 0 1 1 0 1
CICN	CIC NO ASIGNADO (USO NACIONAL)	0 0 1 0 1 1 1 0
CIN	CONFUSION	0 0 1 0 1 1 1 1
MISC	SOBRE CARGO USO NACIONAL	0 0 1 1 0 0 0 0
OFR	OFRECIMIENTO	1 1 1 1 0 1 0 0
CAN	CANCELACION	1 1 1 1 1 1 0 1
REL	RELLAMADA	1 1 1 1 1 1 1 0
FAN	FALSA CONTESTACION	1 1 1 1 1 1 1 1

Tabla 9.9 Atribución de códigos de encabezamiento de los mensajes de PUSI.

### 9.5.11.3 MENSAJES DE LA PARTE DE USUARIO RDSI, PUSI

El Código de Encabezamiento de los mensajes correspondientes a PUSI así como sus mnenónicos asociados se muestran en la Tabla 9.9

### 9.5.12 CAMPO DE MENSAJES/SEÑALES

#### CATEGORIA DE ORIGEN

El procedimiento de establecimiento de la llamada utiliza el Mensaje Inicial de Dirección, MID (Figura 9.21), el cual es el primer mensaje que se envía e incluye el número de la parte llamada, la información de tipo de conexión, capacidad de señalización, requisitos del medio de transmisión e indicadores de llamada, a fin de determinar el encaminamiento de la llamada correspondiente.

SEÑALES DE DIRECCION	NUMERO DE SEÑALES DE DIRECCION	INDICADORES DE MENSAJE	CATEGORIA DE ORIGEN	CODIGO DE ENCAJEZAMIENTO		ETIQUETA DE ENROTAMIENTO
		1KJHGFEDCBA	HGFEDCBA	0011	0001	
8	4	12	6	4	4	40

Figura 9.21 Mensaje Inicial de Dirección, MID.

Los mensajes MID e INF contienen la categoría de origen codificada en 8 bits (HGFEDCBA). Para llamadas automáticas indica el tratamiento que debe recibir la llamada y/o el tipo de tasación. Para llamadas semiautomáticas internacionales, indica el idioma que ha de hablar la operadora internacional de asistencia en el país de destino.

La asignación de códigos para las categorías de origen se muestran en la Tabla 9.10.

CODIGO H G E F D C B A	SIGNIFICADO	APLICACION	
		INT	NAL
0 0 0 0 0 0 0 0	ORIGEN DESCONOCIDO	✓	✓
0 0 0 0 0 0 0 1	OPERADORA DE IDIOMA FRANCÉS	✓	
0 0 0 0 0 0 1 0	OPERADORA DE IDIOMA INGLÉS	✓	
0 0 0 0 0 0 1 1	OPERADORA DE IDIOMA ALEMÁN	✓	
0 0 0 0 0 1 0 0	OPERADORA DE IDIOMA RUSO	✓	
0 0 0 0 0 1 0 1	OPERADORA DE IDIOMA ESPAÑOL	✓	
0 0 0 0 0 1 1 0	RESERVA USO INTERNACIONAL PARA IDIOMAS	✓	
0 0 0 0 1 0 0 0	MEDIANTE ACUERDO BILATERAL	✓	
0 0 0 0 1 0 0 1	OPERADORA NACIONAL CON POSIBILIDAD DE OFERTA		✓
0 0 0 0 1 0 1 0	ABONADO NORMAL	✓	✓
0 0 0 0 1 0 1 1	ABONADO CON PRIORIDAD	✓	✓
0 0 0 0 1 1 0 0	LLAMADA DE DATOS	✓	✓
0 0 0 0 1 1 0 1	LLAMADA DE PRUEBA	✓	✓
0 0 0 0 1 1 1 0	RESERVA USO NACIONAL		
0 0 0 0 1 1 1 1	TELÉFONO DE ALCANZA	✓	✓
0 0 0 1 0 0 0 0	RESERVA USO INTERNACIONAL		
1 1 0 1 0 0 1 0	RESERVA USO NACIONAL		
1 1 0 1 0 0 1 1	OPERADORA DE INTERCEPCIÓN		✓
1 1 0 1 0 1 0 0	OPERADORA SIN POSIBILIDAD DE OFERTA		✓
1 1 0 1 0 1 1 0	TIEMPO Y COSTO		✓
1 1 0 1 0 1 1 1	LÍNEA EXPRESS		✓
1 1 0 1 1 0 0 0	EQUIPO ATM		✓
1 1 0 1 1 0 0 1	EQUIPO DE MANTENIMIENTO		✓
1 1 0 1 1 0 1 0	RESERVA USO NACIONAL E INTERNACIONAL		
1 1 1 1 1 1 1 1			

Tabla 9.10

### INDICADORES DE MENSAJE

Los parámetros determinados por este campo se indican en la Tabla 9.11.

BITS	
B A	INDICADOR DE LA NATURALEZA DE LA DIRECCION
0 0	Número del abonado
0 1	Reserva para uso nacional
1 0	Número nacional (significativo)
1 1	Número internacional
D C	INDICADOR DE LA NATURALEZA DEL CIRCUITO
0 0	Ningún circuito por satélite en la conexión
0 1	Un circuito por satélite en la conexión
1 0	Reserva
1 1	Reserva
F E	INDICADOR DE PRUEBA DE CONTINUIDAD
0 0	No se requiere la prueba de continuidad
0 1	Se requiere prueba de continuidad en este circuito
1 0	Prueba de continuidad efectuada en un circuito anterior
1 1	Reserva
G	INDICADOR DE SUPRESOR DE ECO DE SALIDA
0	No se incluye sensupresor de eco de salida
1	Se incluye sensupresor de eco de salida
H	INDICADOR DE LLAMADA INTERNACIONAL ENTRANTE
0	Llamada no internacional entrante
1	Llamada internacional entrante
I	INDICADOR DE LLAMADA TRANSFERIDA
0	Llamada no transferida
1	Llamada transferida
J	INDICADOR DE EXIGENCIA DE TRAYECTO TOTALMENTE DIGITAL
0	Llamada ordinaria
1	Se requiere trayecto digital
K	INDICADOR DE TRAYECTO DE SEÑALIZACION
0	Cualquier trayecto
1	Sistema de señalización en la totalidad del trayecto
L	RESERVA

Tabla 9.11 Indicadores de Mensaje.

### NUMERO DE SEÑALES DE DIRECCION

Indica en código binario de 4 bits, el número de señales de dirección contenidas en el MID.

### SEÑALES DE DIRECCION

Identifica el número telefónico del abonado de destino. Es codificado de acuerdo a la Tabla 9.12.

CODIGO	
0 0 0 0	Cifra 0
0 0 0 1	Cifra 1
0 0 1 0	Cifra 2
0 0 1 1	Cifra 3
0 1 0 0	Cifra 4
0 1 0 1	Cifra 5
0 1 1 0	Cifra 6
0 1 1 1	Cifra 7
1 0 0 0	Cifra 8
1 0 0 1	Cifra 9
1 0 1 0	Reserva
1 0 1 1	Acceso a servicio de intercepción centralizado
1 1 0 0	Respuesta no aceptada
1 1 0 1	Acceso a equipo de mantenimiento
1 1 1 0	Acceso a equipo de intercepción descentralizado
1 1 1 1	Señal de fin de numeración, SFN

Tabla 9.12 Señales de dirección.

Primeramente se envía la señal de dirección más significativa. Las señales subsiguientes de dirección se envían en campos sucesivos de 4 bits.

### RELLENO

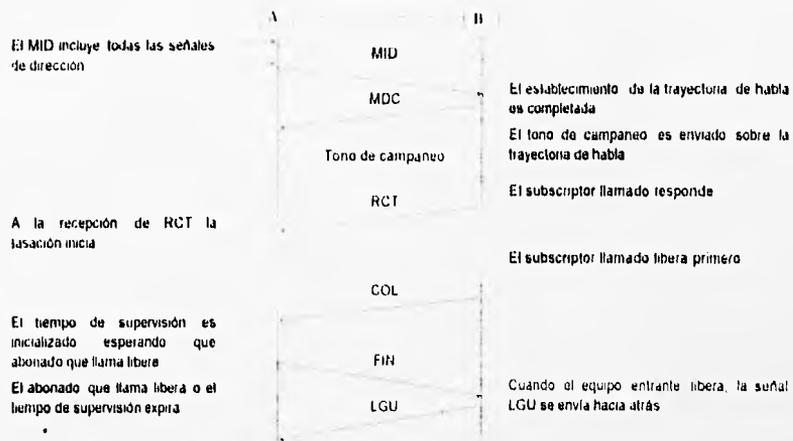
En caso de un número impar de señales de dirección, se inserta el código de relleno 0000 después de la última señal de dirección. Esto asegura que el campo de longitud variable que contiene las señales de dirección se encuentre formado por un número entero de octetos.

### 9.6 PROCEDIMIENTOS DE ESTABLECIMIENTO DE LLAMADAS

Los siguientes procedimientos de señalización son para el establecimiento de una llamada para diferentes casos de tráfico bajo el concepto de CCITT No.7 para ser usados en redes nacionales

### 9.6.1 ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE UNA LLAMADA LOCAL ORDINARIA (B LIBRE)

El procedimiento de establecimiento y liberación para una llamada local se muestra en la Figura 9.22

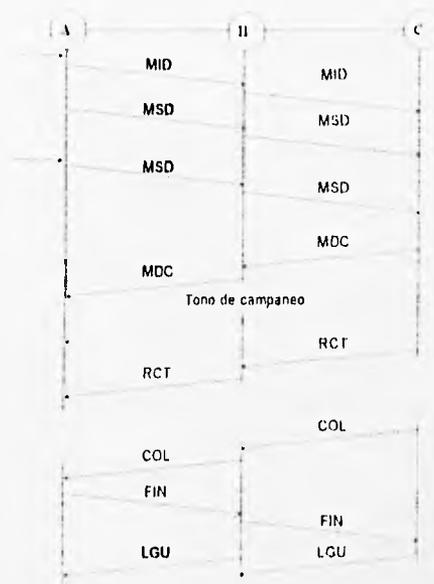


- MID: Mensaje Inicial de Dirección
- MDC: Mensaje de Dirección Completa.
- RCT: Señal de Respuesta con Tasación
- COL: Señal de Colgar (Liberación en el sentido de retorno).
- FIN: Señal de Fin o Desconexión (En el sentido de ida)
- LGU: Señal de Liberación de Guarda.

Figura 9.22 Establecimiento y liberación de una llamada local ordinaria (B libre)

### 9.6.2 ESTABLECIMIENTO Y LIBERACION DE UNA LLAMADA LOCAL ORDINARIA A TRAVES DE UNA CENTRAL DE TRANSITO (B LIBRE)

El procedimiento de establecimiento y liberación de una llamada que involucra una Central de tránsito intermedia se muestra en la Figura 9.23

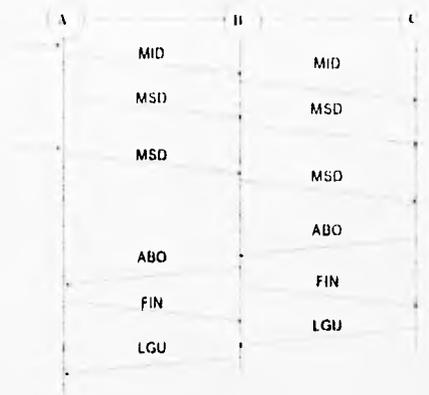


- MID: Mensaje Inicial de Dirección.
- MSD: Mensaje Subsiguiente de Dirección.
- MDC: Mensaje de Dirección Completa.
- RCT: Señal de Respuesta con Tasación
- COL: Señal de Colgar (Liberación en el sentido de retorno)
- FIN: Señal de Fin o Desconexión (En el sentido de ida)
- LGU: Señal de Liberación de Guarda.

Figura 9.23 Establecimiento y liberación de una llamada local ordinaria a través de una Central de tránsito (B libre).

### 9.6.3 LLAMADA LOCAL ORDINARIA (B OCUPADO)

El procedimiento de señalización en el intento de establecimiento de una llamada local ordinaria para el caso en que el abonado B se encuentra ocupado, se muestra en la Figura 9.24



MID: Mensaje Inicial de Dirección

MSD: Mensaje Subsiguiente de Dirección

ABO: Señal de Abonado Ocupado

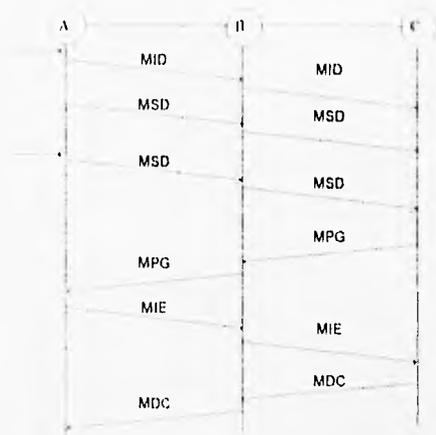
FIN: Señal de Fin o Desconexión (En el sentido de ida)

LGU: Señal de Liberación de Guardia

Figura 9.24 Llamada local ordinaria a través de una Central de tránsito (B Ocupado)

#### 9.6.4 SEÑALIZACION EN EL RASTREO DE UNA LLAMADA MALICIOSA (CUANDO EL MID NO CONTIENE LA IDENTIDAD DE LA LINEA QUE LLAMA)

El procedimiento de señalización para rastrear una llamada maliciosa para el caso en que el MID no contenga la identidad de la línea que llama se muestra en la Figura 9.25

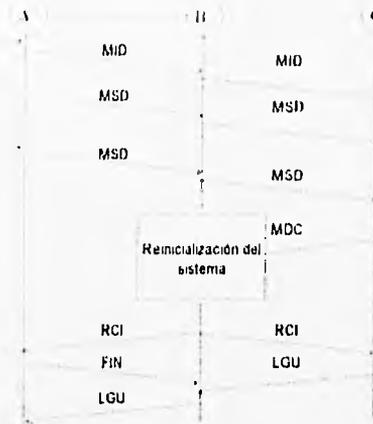


- MID: Mensaje Inicial de Dirección.
- MSD: Mensaje Subsiguiente de Dirección.
- MPG: Mensaje de Petición General.
- MIE: Mensaje de Información general para Establecimiento.
- MDC: Mensaje de Dirección Completa.

Figura 9.25 Señalización para el rastreo de una llamada maliciosa

### 9.6.5 SEÑALIZACIÓN EN LA REINICIALIZACIÓN DE UN SISTEMA

El proceso a nivel de señalización que ocurre cuando se produce la reinicialización de un sistema se muestra en la Figura 9.26

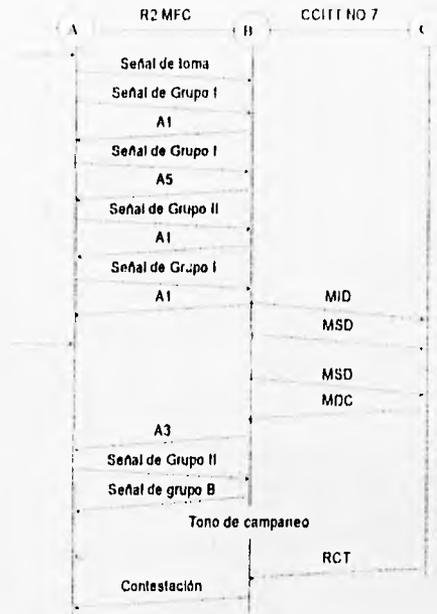


- MID: Mensaje Inicial de Dirección.
- MSD: Mensaje Subsiguiente de Dirección.
- MDC: Mensaje de Dirección Completa.
- RCI: Señal de Reinicialización del Circuito.
- FIN: Señal de Fin o Desconexión.
- LGU: Señal de Liberación de Guarda.

Figura 9.26 Señalización en la reinicialización de un sistema.

### 9.6.6 SEÑALIZACIÓN DE INTEROPERABILIDAD R2 MFC-CCITT NO.7

El proceso de interoperabilidad entre los dos esquemas de señalización R2 MFC y CCITT No 7 se muestra en la Figura 9.27.



MID: Mensaje Inicial de Dirección.  
MSD: Mensaje Subsiguiente de Dirección.  
MDC: Mensaje de Dirección Completa.  
RCT: Señal de Respuesta con Tasación.

Figura 9.27 Interoperabilidad R2 MFC-CCITT No.7.

Las señales del Grupo I (Figura 9.27) contienen la información de direccionamiento (número de B) y las señales del Grupo II contienen información sobre la categoría de la parte que llama. Las señales del Grupo A son usadas para controlar la transmisión de la información de direccionamiento en tanto que las señales del Grupo B contienen información sobre la línea del abonado llamado.

El cambio entre Grupos está controlado por la información en las señales del Grupo A (Capítulo 3)

Debe hacerse notar que el intercambio de señales de información (desde la Central A a la Central C) no es posible en tanto existan diferentes sistemas de señalización desde y hacia la Central de tránsito (B)

## **9.7 PROCEDIMIENTO DE IMPLEMENTACION DE LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE TELEFONOS DE MEXICO**

La descripción de las Etapas y Pasos a desarrollar para establecer la configuración inicial de una Red Digital de Servicios Integrados se hace en base a las jerarquías de los nodos de sincronización descritas en el Capítulo 6. El procedimiento de implementación esta constituido por tres Etapas, cada una de las esta conformada por un numero determinado de Pasos. La descripción de las Etapas y Pasos es la siguiente.

### **ETAPA 1. DIGITALIZACION DE LA RED**

**PASO 1.** Sustitución de las Centrales Analógicas de las redes Urbana, Interurbana e Internacional por Centrales Digitales con la capacidad de soportar diferentes esquemas de señalización (principalmente R2 MFC y CCITT No. 7) y manejarlos en forma simultánea

La Red Digital resultante, que estará constituida por los nodos de sincronización descritos en el Capítulo 6, deberá utilizar también sistemas de transmisión digital (descritos en el Capítulo 4) para comunicar la totalidad de los nodos de la red asociados pudiendo sólo ser excepción los equipos de conmutación analógicos de los nodos del usuario que están enlazados a la red a través de acceso primario E1 y para los cuales se requerirá la utilización de los sistemas SPCM para conversión A/D en caso de conexión al Sistema de Conmutación S1240 de Alcatel y Sistema RSS en caso de conexión al Sistema de Conmutación AXE de Ericsson.

El proceso de digitalización (de las Centrales Locales), deberá extender consecuentemente el acceso digital hasta los niveles de telefonía básica.

### **ETAPA 2. IMPLEMENTACIÓN DEL ESQUEMA DE SEÑALIZACION CCITT No. 7**

Una vez constituida una red totalmente digital, los pasos que conforman la Etapa 2 tienen como propósito implementar, de acuerdo a la jerarquía e interés de tráfico, el esquema de señalización CCITT No. 7 en los enlaces que proporcionan la comunicación entre los nodos de la red. Los pasos que conforman esta etapa son los siguientes:

#### **PASO 1.**

- i) Enlace de todos los Centros Regionales de Larga Distancia.
- ii) Enlace de las Centrales Locales de alto interés de tráfico de Larga Distancia con sus respectivos Centros de Acceso a Larga Distancia CALDs.
- iii) Enlace de las Centrales Locales de las Areas Urbanas de alto interés de tráfico.
- iv) Enlace de los Centros Regionales con los Centros Internacionales.
- v) Enlace de los Centros Internacionales de Telefonos de México con los correspondientes de otras administraciones.

#### **PASO 2.**

- i) Enlace de los Centros de Zona con los Centros Regionales de alto interés de tráfico.

ii) Enlace de los Centros de Zona de alto interés de tráfico

PASO 3

i) Enlace de todos los Centros de Zona restantes

ii) Enlace de todas las Centrales Locales restantes

#### ETAPA 3. IMPLEMENTACION PROGRESIVA DE LOS SERVICIOS RDSI

PASO 1. Una vez constituidas las redes Urbana, Interurbana e Internacional bajo el concepto de Señalización por Canal Común a nivel de señalización entre Centrales de Conmutación y PABXs, en la Etapa 3 se pretende la implementación progresiva de los servicios RDSI a nivel de acceso básico (a través de la utilización del protocolo de Enlace LAPD) y primario (2B+D). La prestación de los servicios RDSI requerirán de la implementación del software y hardware asociado a través del Subsistema de Señalización por Canal Común CCS y Terminales de Señalización ST en AXE y Concentradores RDSI ICON para el Sistema 1240 Alcatel.

**ANEXO 9.A**  
**RECOMENDACION X.121**  
**PLAN DE NUMERACION INTERNACIONAL PARA REDES PUBLICAS**  
**DE DATOS**

La Recomendación X 121 propone un Plan de Numeración Internacional para Redes Públicas de Datos en base a las siguientes consideraciones.

- a) El plan de numeración internacional para redes públicas de datos facilita la introducción de redes públicas de datos y permite su interfuncionamiento en un plano mundial
- b) El plan de numeración internacional considera la existencia de varias redes públicas de datos en un país
- c) El plan de numeración internacional permite la identificación de un país, así como la de una red pública de datos determinada de ese país.
- d) El plan de numeración internacional prevé una capacidad de reserva adecuada para satisfacer futuras exigencias

Las características del Plan de Numeración Internacional para Redes Públicas de Datos son las siguientes

- a) El número de datos internacional sirve para determinar solamente el interfaz ETD/ETCD específico y en particular, para identificar un país y una red, si en el mismo país existen varias redes de datos
- b) La cantidad de cifras que comprende el código de identificación de un país y sus redes de datos públicas debe ser el mismo para todos los países.
- c) El número de datos nacional que identifica un interfaz ETD/ETCD debe ser único tanto a nivel nacional como a nivel internacional.
- d) El plan de numeración prevé el interfuncionamiento de terminales de datos instalados en Redes Públicas de Datos con terminales de datos instalados en redes telefónicas y telex públicas.

Los números o direcciones asignados a interfaces ETD/ETCD de las Redes Públicas de Datos están constituidos por los 10 caracteres numéricos que van desde el 0 hasta el 9 tanto a nivel nacional como a nivel internacional

Los números internacionales de acuerdo con el plan de numeración pueden ser asignados:

- a) A cada Red Pública de Datos dentro de un país.
- b) A servicios no sometidos a la división por zonas (p.ej. servicio móvil marítimo)
- c) A una Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) que interfunciona con una RPD.
- d) A un grupo de Redes de Datos Privadas conectado a la RPD de un país.

La estructura de los números internacionales considerados por el plan de numeración internacional para Redes Públicas de Datos se muestra en la Figura 9.A.1.

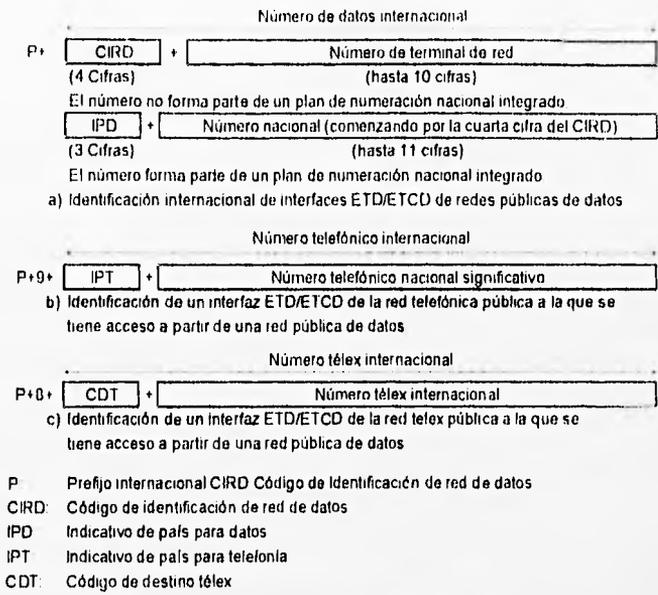


Figura 9.A.1 Números de datos internacionales

Todos los Códigos de Identificación de Red de Datos (CIRDs) deberán estar constituidos por cuatro cifras (Figura 9.A.2). Las tres primeras cifras deberán identificar siempre a un país y son considerados como el Indicativo de País para Datos (IPD). La cuarta cifra o cifra de red puede identificar una determinada red de datos del país teniéndose así la posibilidad de identificar hasta 10 redes públicas de datos en un país.

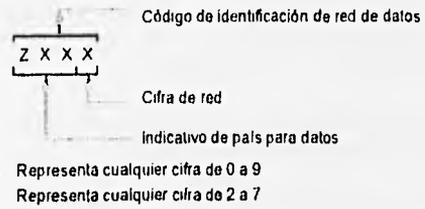


Figura 9.A.2 Formato de los códigos de identificación de red de datos (CIRD).

El Indicativo de País para Datos (IPD) correspondiente a México es 334.  
 La Tabla 9.A.I muestra los valores posibles correspondientes a la primera cifra del CIRD y su aplicación.

Cifra	Aplicación
0	Reserva
1	Reserva uso marítimo
2	Para códigos de identificación de red de datos (CIRD)
3	
4	
5	
6	
7	
8	Interfuncionamiento con redes télex
9	Interfuncionamiento con redes telefónicas

Tabla 9 A.1 Primera cifra del código de identificación de red de datos

Cuando se llama a un terminal de datos de una RPD desde otro país debe utilizarse el número de datos internacional asignado a su interfaz ETD/ETCD. El número de datos internacional debe consistir en el CIRD de la red pública de datos llamada, seguido del Número de Terminal de Red (NTR) del interfaz ETD/ETCD llamado. Si existe un plan de numeración integrado dentro del país el número internacional consistirá del IPD seguido del Número Nacional (NN) del interfaz ETD/ETCD llamado (Figura 9 A.1). Los números NTR y NN deben comprender todas las cifras necesarias para identificar unívocamente el interfaz ETD/ETCD correspondiente dentro de la red que le da servicio y no debe incluir ningún prefijo (ni código de acceso) empleado eventualmente para tales llamadas.

Los números de datos internacionales deberán tener diferentes longitudes pero no deberán contener menos de cinco cifras ni más de catorce.

Para distinguir entre formatos de direcciones diferentes dentro de una red pública de datos (p.ej. formatos nacionales e internacionales) se requerirá generalmente un prefijo (designado como P en la Figura 9 A.1). Tal prefijo no forma parte del número de datos. A reserva de ulteriores estudios, la utilización y composición de este prefijo es una cuestión de índole nacional.

**ANEXO 9.B  
RECOMENDACION E.164  
PLAN DE NUMERACION PARA LA ERA DE LA RED DIGITAL  
DE SERVICIOS INTEGRADOS**

La Recomendación E 164 figura también en la lista de Recomendaciones de la serie I como Recomendación E.164 y define la numeración para el servicio telefónico internacional como un subconjunto del plan de numeración para la RDSI.

El Plan de Numeración Nacional, se establecerá de acuerdo con la Recomendación, de manera que al abonado típico se le llame siempre por el mismo número en el servicio interurbano. Este Plan de Numeración se aplicará sin excepción a todas las llamadas internacionales de llegada.

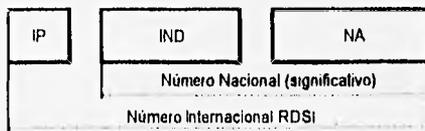
El plan de numeración nacional de un país (o de una región) deberá establecerse de modo que el análisis de cifras no tenga que rebasar los límites establecidos (como máximo se permite un número de cifras igual a 15-n; con n=número de cifras del indicativo del país considerado) aplicables al Número Nacional (Figura 9 B.1) pero que permita:

- a) Determinar un encaminamiento que tenga en cuenta los factores económicos y otros factores de red apropiados;
- b) Distinguir las diferentes tarifaciones a aplicar en función del área de destino en aquellos países en los que estas distinciones son aplicables.

El número de cifras a marcar recomendado para los abonados en el servicio automático internacional, a partir de 1964, es no exceder en ningún caso 12 cifras (excluido el prefijo internacional).

**ESTRUCTURA DEL NUMERO INTERNACIONAL RDSI**

El número internacional RDSI es un número de longitud variable compuesto de una cantidad variable de cifras decimales dispuestas en campos de código específicos. Los campos del número internacional RDSI son el Indicativo de País (IP) y el Número Nacional (significativo), la Figura 9 B.1 muestra la estructura del número internacional RDSI.



IP: Indicativo de país  
 IND: Indicativo Nacional de destino  
 NA: Número de Abonado

*Nota: Se excluyen los prefijos nacional e internacional, pues se considera que no forman parte del número internacional RDSI.*

Figura 9 B.1 Estructura del número internacional RDSI

En la Figura 9 B.1, el INDICATIVO DE PAIS (IP) es utilizado para seleccionar el país de destino y su longitud está determinada en base a las siguientes consideraciones:

- a) el indicativo de país se compone de una, dos o tres cifras, según los desarrollos telefónico y demográfico previsibles en el país considerando,
- b) las nueve cifras del 1 al 9 se han asignado como indicativo de país o como primera cifra de este indicativo

El NUMERO NACIONAL (NN) significativo es utilizado para seleccionar el abonado de destino. Sin embargo, al seleccionar el abonado de destino puede ser necesario seleccionar una red de destino. Para esta selección, el campo de código del NN, comprende un INDICATIVO NACIONAL DE DESTINO (IND) seguido del NUMERO DE ABONADO (NA). En algunas aplicaciones nacionales el IND y el NA pueden estar enlazados de una manera inseparable formando una secuencia única de marcación compuesta.

La longitud del campo IND variará según los requisitos del país de destino.

Cuando sea necesario, pueden utilizarse también PREFIJOS para la selección de redes y servicios. Un prefijo es un indicador compuesto por una o más cifras, y que permite la selección de diferentes tipos de formatos de números (p.ej. local, nacional o internacional), redes de tránsito y/o servicios. Los prefijos no forman parte del número y no se señalizan a través de fronteras interredes o internacionales (cuando se utilizan prefijos, siempre son introducidos por el usuario o por equipo de llamada automática).

### **PRINCIPIOS DEL PLAN DE NUMERACION DE LA RDSI**

Los principios de numeración y direccionamiento de la RDSI se describen en la Rec. I 330 (Numeración RDSI y principios de direccionamiento). El plan de numeración de la RDSI deberá basarse y desarrollarse a partir de los planes de numeración existentes aplicables a las redes telefónicas públicas nacionales e internacionales y dar cabida a los futuros requisitos de las redes.

Las disposiciones de numeración de la RDSI deben permitir el interfuncionamiento entre la RDSI y otras redes públicas y debe también ser considerado el interfuncionamiento con las redes privadas.

En el plan de numeración de la RDSI son utilizados los caracteres decimales de 10 cifras, del 0 al 9 para incluir el número de abonado NA, el número nacional NN y el indicativo de país IP.

Los prefijos y las demás informaciones relacionadas con la identificación de los procedimientos de selección o de los parámetros del servicio de red no forman parte del número RDSI.

El plan de numeración de la RDSI incluirá una identificación inequívoca de un país determinado. Además, el número RDSI identificará redes y/o RDSI dentro de estos países, si es necesario.

### **PRINCIPIO DE ASIGNACION DE LOS NUMEROS**

Los números de asignación de la RDSI se pueden atribuir a partir de la gama de números de abonado disponibles en la Central local de la RDSI. Dichos números se asignarán a los clientes abonados únicamente al servicio telefónico, a los que disponen de uno o más servicios de datos y a los que combinan los servicios de telefonía y datos.

## **IDENTIFICACION DE RED**

La identificación de red dentro del número nacional (NN) será tal que:

- a) En un país, todas las redes RDSI y RTPC de destino se explotarán bajo un indicativo de país (IP) único.
- b) No se rebasará la longitud máxima del número internacional, que es de 15 cifras, ni el número de cifras para el análisis del número.

## **IDENTIFICACION DE SERVICIO**

El número de la RDSI por sí mismo no identificará la naturaleza particular del servicio, el tipo de conexión o la calidad de servicio requerida. Se incluye en un identificador de servicio, dentro de la información de señalización, una indicación de los parámetros que describen el servicio requerido. Este indicador de servicio no se considera parte del plan de numeración.

## **IDENTIDAD DE LINEA LLAMANTE/CONECTADA**

La identidad de línea llamante/conectada es una información de dirección, que se transfiere a través de la red para proporcionar servicios suplementarios tales como la presentación de la identificación de la línea llamante (o conectada).

## **PROCEDIMIENTOS DE MARCACION**

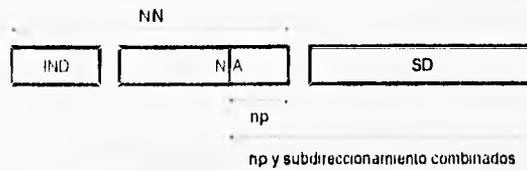
Los abonados de la RDSI serán llamados siempre al mismo número de abonado, independientemente del punto de la red donde se origina la llamada. Para las llamadas dentro de la misma área de numeración o red local sólo se marca el número de abonado. Para las llamadas nacionales entre áreas de numeración o redes locales diferentes, el número de abonado, puede ir precedido por el prefijo nacional y el indicativo nacional de destino (IND).

## **DIRECCIONAMIENTO DENTRO DE UNA INSTALACION DE ABONADO**

Para identificar un punto situado en el interior de una instalación de abonado más allá de los límites de la RDSI, es preciso transferir la información de dirección desde la red pública al equipo de abonado. Se consideran los dos casos siguientes:

- a) **DIRECCIONAMIENTO POR UN NUMERO RDSI.** Cuando se selecciona un destino en la instalación del abonado, las cifras que constituyen el final del número de abonado RDSI se transfieren a la instalación del abonado llamado en la forma de un número parcial (Figura 9.B 2). El número de cifras utilizado depende de los requisitos del equipo del abonado llamado y de la capacidad del plan de numeración utilizado.
- b) **SUBDIRECCIONAMIENTO (AMPLIACION DE LA DIRECCION DE RED).** El subdireccionamiento ofrece una capacidad de direccionamiento adicional distinta fuera del plan de numeración de la RDSI pero, intrínsecamente, es parte integrante de las posibilidades de

direccionamiento de la RDSI. Como se muestra en la Figura 9 B 2, el número de la RDSI puede ir seguido de uno o más octetos hasta un máximo de 20 (o 40 cifras decimales); estas cifras forman la subdirección de la RDSI que se transfiere a las instalaciones del abonado



IND: Indicador Nacional de Destino  
NN: Número Nacional  
NA: Número de Abonado  
SD: Sub-Dirección  
np: Número Parcial

Figura 9 B.2. Subdireccionamiento de un número RDSI.

## 10 MANTENIMIENTO DE RED

La totalidad de las redes de comunicaciones requieren de las actividades de mantenimiento aplicado a los equipos constitutivos de la red misma, esto con el propósito de mantener a los equipos de red y a la red en condiciones de operación apropiadas y minimizar al máximo la ocurrencia de fallas. Bajo estas bases, las actividades de mantenimiento para la Red Digital Integrada de TELMEX se han constituido en actividades de mantenimiento preventiva y mantenimiento correctivo y sus características tal y como se aplican en RDI se describen en las siguientes Secciones

### 10.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN RDI

Las siguientes son las características más importantes de las actividades de mantenimiento de red en RDI

#### MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Las actividades y procedimientos de mantenimiento preventivo se centran básicamente en equipo de multiplexaje y equipo asociado a la transmisión vía fibra óptica, esto debido a la mayor utilización de este medio para la transmisión. El procedimiento de mantenimiento preventivo a equipos de transmisión de fibra óptica es variable dependiendo de las características especiales de cada equipo (dado que existe la variedad de equipo descrita en el Capítulo 7), sin embargo las siguientes actividades aplican en general para todos ellos

- a) Verificación y ajuste de los voltajes de alimentación de CD que proporciona la fuente de energía del equipo.
- b) Verificación y ajuste de las frecuencias de los osciladores del equipo que proporcionan la base de tiempo para el tratamiento y sincronización de la información de transmisión.
- c) Verificación del estado de degradación de los emisores ópticos.
- d) Verificación de la capacidad del equipo para desarrollar la conmutación a sistemas de respaldo en caso de configuraciones en estado de espera (Standby).
- e) Aplicación de la Rec. G 821 a un sistema disponible (sin curso de tráfico) a nivel de 2.048 Mbit/s para verificar el comportamiento del medio de transmisión correspondiente. La aplicación de esta prueba se realiza durante un periodo de 30 minutos.
- f) Revisión del historial de alarmas para verificación del comportamiento en el tiempo del equipo.
- g) Inhibición de alarmas anteriores (en caso de existir) para permitir la identificación de aquellas que se presentan en tiempo real.
- h) Inspección visual del estado general del equipo y condiciones del local que lo contiene.

En sistemas de transmisión via radioenlaces digitales y equipo de conmutación, el mantenimiento y operación están basados sólo en rutinas de mantenimiento correctivo.

El procedimiento de mantenimiento preventivo a sistemas de radioenlace digital propuesto en este trabajo para su aplicación a sistema urbanos se especifica en el Anexo 10.A

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO.** Los procedimientos de mantenimiento correctivo estan soportados por la interacción del Centro de Control de Red (Sección 7.6) con usuarios,

proveedores de equipo de transmisión y personal de Centrales. El medio a través del cual el CCR es enterado de un problema o falla de red es ya sea por un reporte del usuario, una indicación del personal de Centrales o una alarma detectada a través de equipo de monitoreo. Las actividades de mantenimiento correctivo son tan variables como variable es la problemática que puede presentarse en la red y la solución a esta depende de los procedimientos de aislamiento, detección y características de la falla. La estructura modular e insertable de los equipos electrónicos de transmisión y conmutación digital, reduce a sólo actividades de movimientos y cambios de tarjetas los procedimientos de solución de daños a nivel de hardware.

Ante el conocimiento del CCR de la caída de un sistema a nivel de 2 048 Mbit/s el procedimiento a desarrollar para su levantamiento consiste básicamente en la siguiente secuencia de actividades:

- a) Identificación del tipo de servicio (dedicado o conmutado), enrutamiento y posiciones de BDTD (Bastidor de Distribución de Troncales Digitales) y MULTIPLEXOR del enlace en cada nodo de la ruta.
- b) Dependiendo de las características específicas del enlace se solicita la intervención de la Central de Conmutación (en caso de ser un enlace conmutado) para la verificación de su estado o apoyo de alguno de los nodos involucrados para, por medio de equipo de medición, detectar y aislar el tipo de problema en el sistema. Básicamente el procedimiento general consiste en la verificación del estado del medio de transmisión punto a punto para determinar si el problema es del medio o de equipos terminales atribuibles al usuario o a la Central.

El procedimiento de determinación de problemas en equipos de transmisión a nivel de fibra óptica es relativamente simple dadas las características del problema y la estructura modular de los emisores/receptores ópticos y los multiplexores correspondientes. La identificación del problema se basa en las indicaciones de alarma que genera el receptor óptico al no recibir información del extremo remoto y a la pérdida del enlace en todos los tributarios del equipo multiplexor.

El procedimiento de mantenimiento correctivo a sistemas de radioenlace digital es considerablemente más complicado, con respecto a sistemas de fibra óptica, dadas las características del comportamiento del espacio libre y la complejidad de los sistemas electrónicos del equipo debido a los esquemas de modulación y tratamiento de la señal más elaborados. El procedimiento de mantenimiento correctivo a sistemas de radio digitales se establece en el Anexo 10.B.

## **10.2 TECNOLOGIA DE MEDICION DE LA RDSI**

La característica de integración de la RDSI presupone la utilización de métodos de prueba y monitoreo diseñados específicamente para la red. Bajo esta premisa, la tecnología de medición puede ser dividida básicamente en las tres áreas siguientes:

- 1 TECNOLOGIA DE MEDICIONES FISICAS
- 2 TECNOLOGIA DE MEDICIONES DE LA TRANSMISION
- 3 TECNOLOGIA DE MEDICIONES DEL PROTOCOLO

Las características de estas áreas son la descritas a continuación.

## 10.2.1 TECNOLOGIA DE MEDICIONES FISICAS

Las mediciones físicas están principalmente referidas a los componentes de red de las interfaces S y U. Un requisito para la operación apropiada del bus S es que los terminales y el cableado satisfagan los requerimientos físicos de acuerdo a las definiciones establecidas, por ejemplo, en la Rec. 1430 del CCITT

### MEDICIONES DE SEÑAL DESBALANCEADA

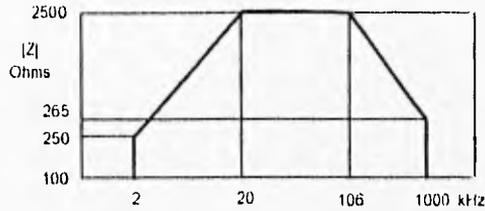
Tanto la interfaz U de dos hilos como la S de cuatro hilos están diseñadas para ser balanceadas. En el caso de una señal balanceada y con la correcta característica de impedancia de terminación de línea, el par de hilos deberá ser no radiante. Contrariamente una señal desbalanceada, la cual se presenta prácticamente, produce que una parte de la energía de la señal de información se irradie en forma de onda electromagnética. La Rec. 1430 del CCITT define un nivel de la señal de operación superior a la relación de desbalance de 54 dB a 300 kHz para una interfaz S. Un dispositivo de medición debe ser, por tanto, mejor que la unidad bajo prueba por un factor de por lo menos 10 (ésto es 20 dB) y así entónces, tener una relación de balance de señal intrínseca de 74 dB a 300 kHz.

### IMPEDANCIA

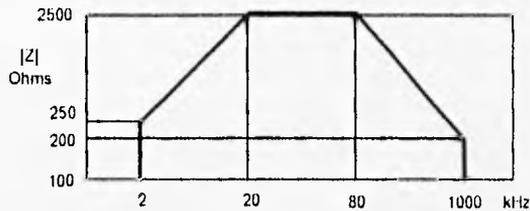
Sólo el alineamiento a las máscaras de impedancia (Figura 10.1) recomendadas garantiza que los dispositivos conectados al bus S no lo sobrecargarán o saturarán. Los resultados de la prueba de impedancia son sustancialmente afectados por la capacitancia terrestre, la cual puede presentarse simétricamente (ésto puede afectar a la medición con un incremento de errores de hasta el 8%). Técnicas de medición mejoradas tienen que ser desarrolladas para eliminar este efecto. La diferente resistencia de línea de los hilos individuales del bus resultan necesariamente en la producción de una corriente diferencial la cual produce una variación en la impedancia de los transformadores utilizados en TEs y Nts.

Adicionalmente a la medición de los parámetros físicos, las pruebas funcionales de los componentes de la red tales como NTs, regeneradores y terminales son necesarias.

En el caso de las terminales, varias mediciones sólo pueden ser realizadas cuando la terminal está activa. El terminal bajo prueba debe estar provisto con el voltaje de operación (40 V) necesario en la forma de voltaje fantasma proporcionado por el equipo de medición.



a) Mascara de impedancia de Terminación de Red NT



b) Mascara de impedancia del Equipo Terminal TE.

Figura 10.1 Mascaras de impedancia.

### PRUEBA DE LA TERMINACION DE RED (NT)

Con el propósito de probar los NTs, los cuales permiten la conexión entre la interfaz S y la interfaz U, el equipo de medición debe por una parte actuar como un simulador de TE y por otra como un simulador de LT. Esto permite efectuar mediciones a través de ambas interfaces y permite así examinar la lógica y temporización del procedimiento de activación y desactivación. La NT es transparente a la información, así en la etapa de activación los tres canales B1, B2 y D deben estar igualmente disponibles en forma transparente. Esto puede ser verificado, por ejemplo, con un medidor de la tasa de error.

#### 10.2.2 TECNOLOGIA DE MEDICIONES DE LA TRANSMISION

La integración de los servicios en RDSI implica un incremento en la demanda de la calidad de los enlaces de transmisión. La medición de las tasas de error permite determinar si estas se encuentran por abajo de los niveles máximos permisibles.

#### MEDICION DE LA TASA DE ERROR ENTRE DOS USUARIOS

Aún en la fase de instalación es importante probar la calidad del enlace de transmisión con un medidor de la tasa de error. En la Rec. G 821 (Anexo 4.A), el CCITT describe un método de evaluación estadística para la clasificación del grado de un enlace.

Antes del inicio de la prueba de la tasa de error debe establecerse una conexión con la otra parte como con un teléfono digital normal. Por esta razón, además de estar equipado con un generador de secuencias aleatorias, un receptor y un sistema de evaluación, el equipo de medición debe estar equipado con un dispositivo de marcación. En RDSI, el proceso de marcación significa el seguimiento del procedimiento de señalización de acuerdo con el protocolo del canal D.

### **10.2.3 TECNOLOGIA DE MEDICIONES DEL PROTOCOLO**

Toda la información de control utilizada para el establecimiento y liberación de las conexiones e indicadores de servicio es transmitida a través del canal D. El protocolo de transmisión de datos de tres niveles (protocolo del canal D) utilizado está basado en el modelo ISO/OSI.

El protocolo de transmisión del nivel 2 (LAPD) está basado en HDLC (High Data Link Control), el cual constituye un procedimiento de control que asegura una transmisión libre de errores para los mensajes de alto nivel. El CCITT describe este procedimiento en la Rec. Q.921.

El nivel 3 contiene la información de servicio y de marcación. En este nivel se presentan variantes individuales adicionales a las especificadas en la Rec. del CCITT Q.931 correspondiente a este protocolo.

El monitoreo, almacenamiento e interpretación de varios protocolos del canal D junto con una amplia variedad de protocolos de transmisión de datos en los canales B resulta en esta tecnología de medición de protocolo la cual es de gran importancia en RDSI.

Con un analizador de protocolo RDSI, los datos del canal D son almacenados a través de una conexión de alta impedancia con el bus S. Los datos de ambas direcciones deben ser adquiridos e interpretados de acuerdo a las especificaciones del protocolo. Esta medición es igualmente significativa tanto para el acceso básico (canal D a 16 kbit/s) como para el acceso primario (canal D a 64 kbit/s).

### **SIMULACION DEL ESTABLECIMIENTO DE UNA LLAMADA**

El modo de simulación hace posible obtener una medición "half channel" (A/D o D/A) de un teléfono digital. Esta medición proporciona una indicación de la calidad de la conversión de una señal analógica a su correspondiente señal digital. Un apropiado arreglo de la prueba permite determinar todos los parámetros de una terminal.

La administración telefónica requiere de procedimientos de medición tales como la medición del canal de señalización común. El protocolo de señalización por canal común CCITT No. 7, como se ha descrito, es usado para la transferencia de información de señalización entre Centrales públicas y privadas.

Las diferentes interfaces físicas y protocolos en RDSI demandan una tecnología de medición adaptable, transportable, fácil de operar y útil en las tareas de mantenimiento.

**ANEXO 10.A**  
**PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A SISTEMAS DE RADIO**  
**DIGITALES PARA TELMEX RDI**

Las actividades descritas en este apartado constituyen un procedimiento básico para proporcionar mantenimiento preventivo a sistemas de radio digital. Las especificaciones particulares de cada actividad dependen de las características y facilidades de cada tipo de radio.

El procedimiento de mantenimiento correctivo está constituido por las siguientes actividades:

1. Verificación de los voltajes de alimentación de energía eléctrica del sistema en ambos modems de una configuración protegida 1+1 en ambos extremos del enlace (CENTRAL RDI y NODO USUARIO).
2. Verificación de los niveles de recepción del sistema a través del parámetro de Control de Ganancia Automática AGC (Automatic Gain Control) en ambos modems de la configuración 1+1 en ambos extremos (CENTRAL RDI y NODO USUARIO).
3. Inspección visual y física del equipo del sistema efectuando en ambos extremos las siguientes consideraciones:
  - a) Inspección física del estado de los conectores asociados al sistema.
  - b) Inspección y limpieza de la memoria de alarmas del sistema debiendo registrarse en el protocolo de mantenimiento preventivo del sistema para un seguimiento histórico del comportamiento del sistema.
  - c) Inspección de los elementos mecánicos y de estructura asociados a la instalación de las antenas con el propósito de prevenir oportunamente los movimientos y vibraciones indeseables en la antena. Los elementos a considerar son los siguientes:
    - i) Torre
    - ii) Mastiles
    - iii) Soportes
    - iv) Sujetadores
    - v) Cables.
4. Realización de pruebas de Loop Back Local y Remoto en ambos radios (configuración protegida 1+1) de ambos extremos y sobre tributarias (2.048 Mbps) disponibles o libres de tráfico para verificación de la disponibilidad del medio de transmisión.
5. Medición del estado del medio de transmisión sobre una tributaria disponible o libre de tráfico con la característica de Loop Back remoto en la tributaria. Las mediciones deberán realizarse con equipo PRBS (PseudoRandom Binary Sequence) durante un periodo de por lo menos 24 horas continuas. Esto permite la identificación de problemas que el sistema de supervisión del radio no indica.
6. Desarrollo de la prueba de conmutación automática para sistemas en configuración protegida 1+1 (Hot Standby).

## PRUEBAS OPTATIVAS

La aplicación de las pruebas optativas es dependiente de los recursos técnicos, de equipamiento y económicos aplicables al desarrollo del mantenimiento preventivo.

La prueba optativa es aplicable para sistemas de radio con modulación QPSK, OQPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM y requiere de la aplicación del Equipo Analizador de Constelación HP 3709B. El equipo permite la visualización en pantalla de los diagramas de constelación y ocular del esquema de modulación del radio, indicando los niveles de las señales I y Q asociadas a los esquemas de modulación PSK y QAM. La presentación del diagrama de constelación permite bajo una interpretación adecuada la identificación de la presencia de ruido de fase (JITTER), pérdida de señal, etc. Los niveles de I y Q permiten obtener por tabla el nivel de la relación portadora a ruido (C/N) y la tasa de error (BER) asociada a dicho nivel de C/N.

La capacidad de proporcionar una impresión del diagrama de constelación permite mantener un seguimiento histórico de la imagen del diagrama y su evolución con el tiempo.

**ANEXO 10.B**  
**PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO A SISTEMAS DE RADIO DIGITALES PARA TELMEX RDI**

La Figura 10 B 1 muestra la clasificación de los problemas que pueden ser causa de la pérdida del enlace de radio

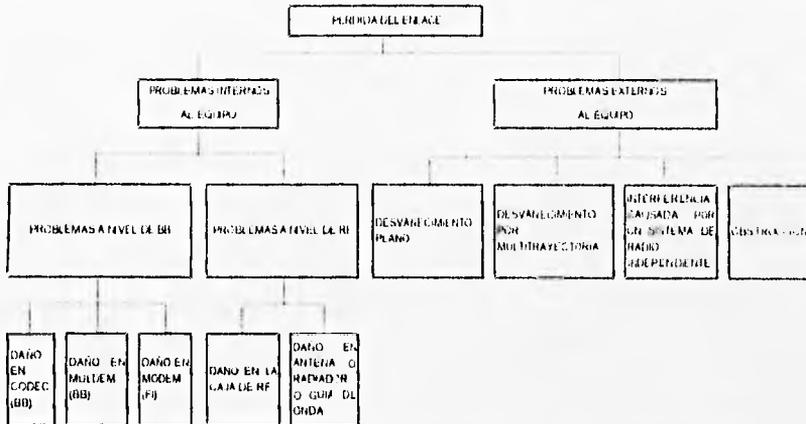


Figura 10 B.1 Clasificación general de la problemática que propicia la pérdida del enlace de un sistema de radio

La siguiente metodología es un orden de procedimientos a desarrollar para conseguir un aislamiento apropiado de la causa del problema.

**PROCEDIMIENTO 1**

- 1.1 Exploración del estado de alarmas presentes en el equipo tanto a nivel local como remoto y en ambos extremos.
- 1.2 Revisión de los niveles de recepción o AGC (Automatic Gain Control) de los receptores en ambos extremos (Consultar Anexo 10.C)

**PROCEDIMIENTO 2**

- 2.1 Revisión de cableado y conectores asociados.
- 2.2 Efectuar una revisión detallada del cableado, dedicando especial atención al estado de los conectores asociados.

**PROCEDIMIENTO 3**

- 3.1 Desarrollo de pruebas de comprobación del estado del equipo de transmisión y recepción. El procedimiento consiste en tres subprocedimientos descritos a continuación

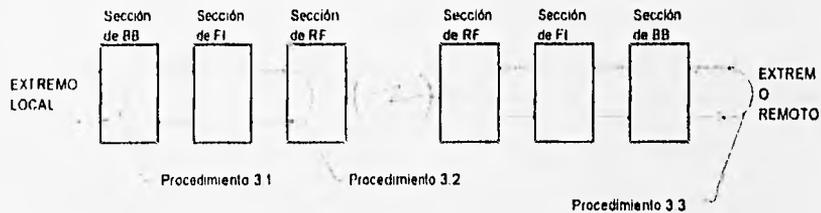
**3.1.1 PRUEBA DEL ESTADO DEL EQUIPO A NIVEL DE BANDA BASE LOCAL.** De acuerdo con las facilidades individuales que proporciona cada tipo de radio, deberá efectuarse un *loop back* local a nivel de Banda Base. Dado el comportamiento del radio ante tal prueba es posible determinar el estado del equipo en la sección de Banda Base. La Figura 10 B.2 muestra la posición del *loop back* referido en un sistema de radio esquematizado.

**3.1.2 PRUEBA DEL ESTADO DEL EQUIPO A NIVEL DE RF LOCAL.** De acuerdo con las facilidades individuales que proporciona cada tipo de radio, deberá realizarse un *loop back* a nivel de RF local, este *loop back* se caracteriza por su posición en la caja de RF permitiendo verificar el estado total del radio en el nodo local. La Figura 9.2 muestra la posición del *loop back* referido en un sistema de radio esquematizado.

**3.1.3 PRUEBA DEL ESTADO DEL EQUIPO A NIVEL DE ENLACE TOTAL.** De acuerdo con las facilidades individuales que proporciona cada tipo de radio, deberá realizarse un *loop back* que permita verificar el estado total del enlace, es decir, el *loop back* deberá existir en el extremo remoto, siendo necesario monitorear el estado de la prueba en el nodo local por medio de la aplicación de la recomendación G.821 del CCITT (Anexo 4.A), a través de un equipo generador de secuencia binaria pseudoaleatoria, PRBS (PseudoRandom Binary Sequence).

Dependiendo de los resultados de esta prueba será posible determinar si la causa del problema es interna o externa al equipo.

Los subprocedimientos descritos deberán realizarse en ambos extremos del enlace para determinar la problemática existente en cada nodo.



BB Banda Base  
 FI Frecuencia Intermedia  
 RF Radio Frecuencia

Figura 10 B.2 Procedimientos para la verificación de un sistema de radio.

**RESULTADOS POSIBLES DEL SUBPROCEDIMIENTO 3.1.3**

En caso de resultar negativo el desarrollo del procedimiento 3.3 (pérdida del enlace o no detección del *loop back* remoto) y habiendo resultado positivos los subprocedimientos 3.1 y 3.2 (estado satisfactorio del equipo) en ambos extremos, es posible determinar las siguientes causas del problema:

- a) Daños en antena, radiador y/o guías de onda en cualquiera o ambos extremos del enlace.

b) La causa del problema es de carácter externo al equipo. La pérdida del enlace es causada por un fenómeno atmosférico o topológico que produce la refracción o obstrucción respectivamente del haz principal (Referirse al procedimiento 4)

#### **PROCEDIMIENTO 4 PROBLEMATICA EXTERNA AL EQUIPO DE RADIO**

En este análisis la problemática externa se refiere exclusivamente a los fenómenos atmosféricos y topológicos que generan un desvanecimiento de la señal de enlace produciendo una degradación de la calidad de la transmisión o una pérdida total del enlace.

Los fenómenos considerados que son causa de desvanecimiento son los siguientes

##### **4.1 DESVANECIMIENTO PLANO**

El desvanecimiento plano (Flat-Fading) es una atenuación de la señal que ocurre típicamente durante un período de lluvia intensa particularmente a frecuencias de microondas altas, cuando el nivel de la señal es bajo, la relación C/N es degradada y se presenta la ocurrencia de errores en los datos transmitidos. El mejoramiento de la calidad de diseño y de alineamiento del radio (mayor apertura ocular) significa un crecimiento del *márgen de desvanecimiento*.

El márgen de desvanecimiento está definido como la magnitud de atenuación de la señal en dB a partir del nivel de recepción normal posible para una determinada tasa de error o BER, típicamente  $10^{-3}$ .

Durante el desvanecimiento plano, la magnitud de la señal decrece, en tanto, el ruido adicionado por el medio ambiente y ruido generado por los componentes internos del radio permanecen constantes produciéndose así la disminución de la relación C/N.

Los resultados del comportamiento de un sistema de radio práctico se alejan de los valores teóricos en la forma en que se muestra en la Figura 10.B.3. La diferencia entre los resultados teóricos y prácticos es denominada *márgen de implementación* y son el resultado de todas las imperfecciones presentes en sistema de radio práctico.

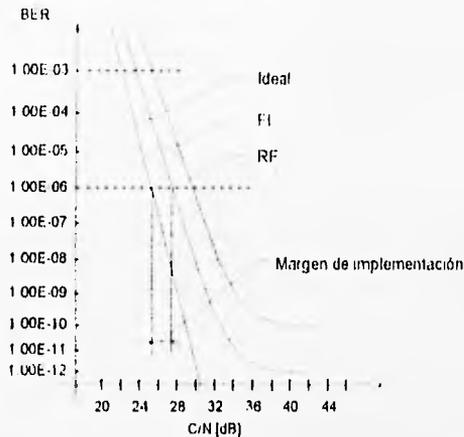


Figura 10.B.3 Efectos prácticos de imperfecciones en la curva C/N versus BER.

La disminución del rendimiento de un sistema, está asociado a la necesidad de incrementar la relación C/N para una tasa de error determinada. Dada una relación C/N alta, el rendimiento del radio digital describe un comportamiento asintótico respecto al nivel de BER.

El margen de implementación es la medición más importante del rendimiento para el diseño y alineamiento de un radio digital.

#### 4.2 DESVANECIMIENTO POR MULTITRAYECTORIA

La totalidad de los sistemas terrestres de microondas pueden presentar propagación multitrayectoria en donde la antena repetidora recibe no sólo la señal directa sino también señales secundarias, las cuales se encuentran ligeramente defasadas con respecto al haz directo.

Los haces secundarios son generados debido a las variaciones del índice refractivo del aire (pueden ser también resultado de reflexiones producidas por la topología terrestre). El fenómeno es particularmente prevaeciente en veranos húmedos y calurosos y cuando la trayectoria es a través de agua. El resultado es un desvanecimiento selectivo (en frecuencia). El grado de desvanecimiento por multitrayectoria es notoriamente dependiente de la longitud del salto, grandes longitudes de salto requieren una atención muy cuidadosa en el diseño del sistema. Por esta razón los enlaces de radio que operan en bandas de frecuencia inferiores a 15 GHz con longitudes de salto relativamente grandes tienden a sufrir predominantemente de propagación multitrayectoria, en tanto, los sistemas de altas frecuencias con saltos cortos son afectados principalmente por desvanecimiento plano debido a lluvia.

#### **4.3 INTERFERENCIA (CAUSADA POR UN SISTEMA DE RADIO INDEPENDIENTE)**

Las principales características de este tipo de afectación son el incremento de la cantidad de bits erróneos y por tanto el crecimiento de la tasa de error en el sistema debido a la presencia de señales con la misma componente de frecuencia y polarización, generadas por un sistema o sistemas de radio independientes.

La metodología para identificar la presencia de interferencia causada por un sistema de radio independiente es la siguiente:

- a) Desenergización del sistema de radio remoto (pérdida de transmisión remota)
- b) Medición del nivel de recepción local a través del parámetro AGC (Automatic Gain Control) recibido.

El nivel de AGC en el sistema local deberá ser igual a cero, en tanto el sistema remoto permanezca desenergizado. Un nivel de AGC con un valor superior a cero es indicativo de la presencia de señales con las características de frecuencia y polarización similares a las usadas por el sistema de radio en análisis.

Esta metodología deberá aplicarse para ambos extremos del enlace.

Dependiendo de los resultados obtenidos, las características del sistema en análisis y las facilidades que proporcione el sistema, las soluciones posibles ante la presencia de interferencia por un sistema independiente, son las siguientes:

- a) Cambio del tipo de polarización,
- b) Cambio de frecuencia central o
- c) Rerutamiento del enlace.

#### **4.4 DESVANECIMIENTO POR OBSTRUCCION DEBIDA A UN OBSTACULO**

La característica más notoria del desvanecimiento por obstrucción es la pérdida del nivel de AGC y relación C/N en ambos extremos del enlace.

La solución a esta problemática consiste en el rerutamiento del enlace, es decir, el redireccionamiento hacia otra Central.

La pérdida del nivel de AGC puede ser debida a la orientación inadecuada de las antenas.

**ANEXO 10.C**  
**CAUSAS POSIBLES DE LA DISMINUCION DEL NIVEL DE RECEPCION O**  
**DEGRADACION DEL AGC RECIBIDO**

Las causas que pueden ser causa de la disminución del nivel de recepción y/o degradación del AGC recibido son las siguientes.

- 1 Internas al equipo de radio.
  - 1.1 Daño en antenas de nodo local y/o remoto.
  - 1.2 Orientación deficiente de las antenas
  - 1.3 Daño en guías de onda, en nodo local y/o remoto.
  - 1.4 Degradación del transmisor remoto.
  - 1.5 Degradación del amplificador del receptor local.

- 2 Externas al equipo de radio.
  - 2.1 Desvanecimiento plano (debido a lluvia).
  - 2.2 Desvanecimiento por multirayectoria.

Los más severos desvanecimientos por multirayectoria ocurren durante noches de verano claras cuando las inversiones de temperatura y los efectos meteorológicos asociados producen gradientes negativos del índice de refracción atmosférico, es decir, se incrementa con la altitud

Dadas las características de no homogeneidad de la atmósfera y las variaciones en el tiempo de los parámetros meteorológicos, los resultados observados son fluctuaciones del nivel de la señal recibida

- 2.3 Desvanecimiento por obstrucción debido a un obstáculo.

**ANEXO 10.D**  
**DESCRIPCION DEL EQUIPO ANALIZADOR DE CONSTELACION**  
**HP 3709B**

El Analizador de Constelacion HP 3709B es un osciloscopio de muestreo de doble canal con capacidad de analisis propia, disenado para monitoreo y analisis de los patrones de constelacion de los radios de microondas digitales

El HP 3709B tiene aplicaciones en la identificacion de problematica, cuantificacion de la eficiencia, evaluacion de alinealidades, verificacion de alineamiento, ajuste y mantenimiento preventivo

El panel frontal del HP 3709B se muestra en la Figura 10 D 1

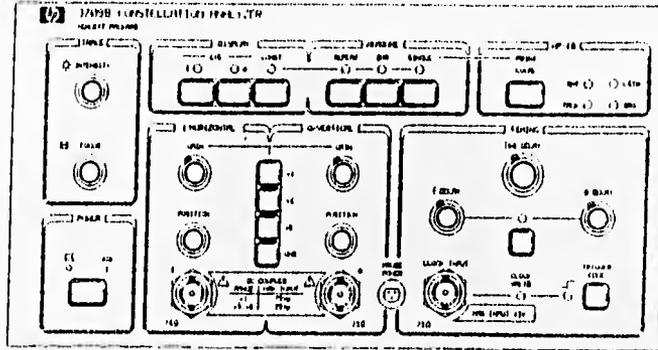


Figura 10.D.1 Panel frontal de equipo HP 3709B

El análisis de las características de un sistema es a través de los resultados que proporciona el HP 3709B en los despliegues de los diagramas oculares de I y Q (Sección 4.2.1) y el diagrama de constelación y para ello se debe recurrir a las mediciones correspondientes a estos diagramas y a la inspección visual de ellos.

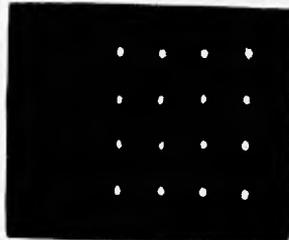
Las mediciones comprenden las mostradas en la Figura 10.D.2 y estas corresponden al diagrama ocular de I, al diagrama ocular de Q y al patrón de constelación I-Q respectivamente, los tres incisos de la Figura muestran las características de un sistema con modulación 16 QAM.



a) Diagrama ocular de I (Modulación 16 QAM)



b) Diagrama ocular de Q (Modulación 16 QAM)



c) Diagrama de constelación (Modulación 16 QAM)

Figura 10.12 Diagramas oculares y de constelación (Modulación 16 QAM)

Las mediciones comprenden las magnitudes en mV de I y Q y los porcentajes de cierre de la aperturas a partir de los cuales, por tablas de asociación, es posible obtener la magnitud de la

relación C/N (Carrier/Noise, Portadora/Ruido) La tabla de asociación correspondiente a la modulación QPSK se muestra en la Tabla 10.D.1

% Cierre de apertura

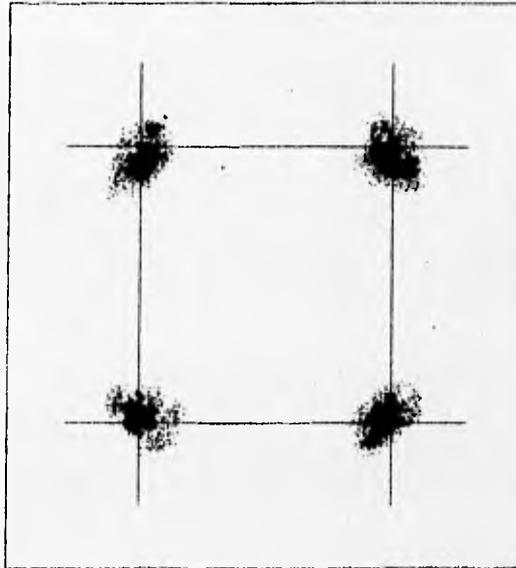
C/N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
5	19.4	21.5	23.6	25.7	27.8	29.9	32.0	34.1	36.2	38.3	40.4	42.5	44.6	46.7	48.8	50.9	53.0	55.1	57.2	59.3	61.4	63.5	
6		23.0	25.2	27.4	29.6	31.8	34.0	36.2	38.4	40.6	42.8	45.0	47.2	49.4	51.6	53.8	56.0	58.2	60.4	62.6	64.8	67.0	69.2
7			26.7	29.0	31.3	33.6	35.9	38.2	40.5	42.8	45.1	47.4	49.7	52.0	54.3	56.6	58.9	61.2	63.5	65.8	68.1	70.4	72.7
8				30.4	32.8	35.2	37.6	40.0	42.4	44.8	47.2	49.6	52.0	54.4	56.8	59.2	61.6	64.0	66.4	68.8	71.2	73.6	76.0
9					34.1	36.6	39.1	41.6	44.1	46.6	49.1	51.6	54.1	56.6	59.1	61.6	64.1	66.6	69.1	71.6	74.1	76.6	79.1
10						37.8	40.4	43.0	45.6	48.2	50.8	53.4	56.0	58.6	61.2	63.8	66.4	69.0	71.6	74.2	76.8	79.4	82.0
11							41.5	44.2	46.9	49.6	52.3	55.0	57.7	60.4	63.1	65.8	68.5	71.2	73.9	76.6	79.3	82.0	84.7
12								45.2	48.0	50.8	53.6	56.4	59.2	62.0	64.8	67.6	70.4	73.2	76.0	78.8	81.6	84.4	87.2
13									48.9	51.8	54.7	57.6	60.5	63.4	66.3	69.2	72.1	75.0	77.9	80.8	83.7	86.6	89.5
14										52.6	55.6	58.6	61.6	64.6	67.6	70.6	73.6	76.6	79.6	82.6	85.6	88.6	91.6
15											56.3	59.4	62.5	65.6	68.7	71.8	74.9	78.0	81.1	84.2	87.3	90.4	93.5
16												60.0	63.2	66.4	69.6	72.8	76.0	79.2	82.4	85.6	88.8	92.0	95.2
17													63.7	67.0	70.3	73.6	76.9	80.2	83.5	86.8	90.1	93.4	96.7
18														67.4	70.8	74.2	77.6	81.0	84.4	87.8	91.2	94.6	98.0
19															71.1	74.6	78.1	81.6	85.1	88.6	92.1	95.6	99.1
20																74.8	78.4	82.0	85.6	89.2	92.8	96.4	100.0
21																	78.5	82.2	85.9	89.6	93.3	97.0	100.7
22																		82.2	86.0	89.8	93.6	97.4	101.2
23																			85.9	89.8	93.7	97.6	101.5
24																				89.6	93.6	97.6	101.6
25																					93.3	97.4	101.5

Tabla 10.D.1 Cierre de apertura para la relación C/N (QPSK)

El equipo HP 3709B proporciona la facilidad de impresión que permite obtener la representación gráfica del diagrama de constelación del sistema La Figura 10.D.5 muestra la impresión correspondiente a un diagrama de constelación con modulación QPSK.

### HP 3709B Constellation Analyzer

RADIO \_\_\_\_\_  
LOCATION \_\_\_\_\_  
OPERATOR \_\_\_\_\_ DATE \_\_\_\_\_



Modulation	QPSK
1-0 Delay	ON
Clock Valid	ON
Scaling, I axis	164 mV/div
Scaling, Q axis	169 mV/div
Closure, I	12.9 %
Closure, Q	12.7 %
Lock Angle Error	0.2 °
Quad Angle Error	-0.1 °
Non-Linearity, rms	1.4 %

COMMENTS \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 10 D.5 Diagrama de constelación QPSK proporcionada por el equipo HP 3709B

## CONCLUSIONES

La importancia de la implementación de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) en Telefonos de México radica en la posibilidad de proporcionar servicios avanzados de comunicación digital no solo accesibles a grandes usuarios a nivel de acceso primario sino igualmente proporcionarlos a nivel de telefonía o acceso básicos, es decir, al gran número de usuarios que conforman la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC)

El establecimiento en México de una estructura de red que permita la integración de los servicios de comunicación, es factible dadas sobre todo las características de la Red Digital Integrada (RDI) ya existente, tales características permitirán no sólo mejorar la calidad de los servicios de comunicación actuales sino que además, bajo los esquemas del tratamiento digital de las señales analógicas y el desarrollo de equipos de conmutación y transmisión de alta capacidad basados en tecnología de semiconductores es posible proporcionar una mayor cantidad y variedad de servicios accesibles a un mayor número de usuarios

Las ventajas que proporcionará la Red Digital de Servicios Integrados al usuario final están basadas en la característica de la red que consiste en la integración de los servicios y las facilidades que proporcionan conjuntamente los avances tecnológicos en el área de telecomunicaciones facilitándose así la optimización de la relación costo por servicio que representa para el usuario final. Desde la perspectiva de la administración telefónica, para Telefonos de México significará no sólo el incremento de las percepciones por la prestación de los servicios de telecomunicaciones y su alta calidad sino que le permitirá además disminuir la inversión en lo referente a los costos de operación y mantenimiento dadas las facilidades que proporcionan los equipos electrónicos debido a su estructura compacta y modular.

No obstante dadas las grandes ventajas que la Red Digital de Servicios Integrados representará tanto para el usuario final como para Telefonos de México, es importante establecer que su factible implementación deberá ser progresiva debido a la necesidad de aprovechar los recursos existentes a nivel de infraestructura y considerando que su implementación implica una considerable inversión inicial por adquisición de equipo y capacitación del personal operativo además de la dificultad que representa dada la gran magnitud de la infraestructura actual.

Por lo anterior el presente trabajo es una recopilación de conceptos y fundamentos técnicos bajo los cuales está constituida tanto la Red Digital Integrada actual como los de la Red Digital de Servicios Integrados futura. También se describen aquí las características operativas, funcionales, de mediciones físicas y de mantenimiento de ambas y el procedimiento evolutivo de la RDI hacia la RDSI que deberá aplicar para la conformación de la Red Digital de Servicios Integrados de Telefonos de México permitiéndose con eso contar con una herramienta útil para el entendimiento de cada uno de los conceptos que interactúan en la red en cuestión.

## BIBLIOGRAFIA

### PCM BASICO

Ing. Ignacio Cepeda Bernés  
Wandel & Goltermann de México S.A.

### PCM DE ALTO ORDEN

Ing. Ignacio Cepeda Bernés  
Wandel & Goltermann de México S.A.

### ISDN SYSTEMS ARCHITECTURE, TECHNOLOGY, AND APPLICATIONS

Pramode Verma,  
Ed. Prentice Hall

### INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORKS ARCHITECTURES, PROTOCOLS, STANDARDS

Herman J. Helgert  
Ed. Addison-Wesley Publishing Company

### INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORKS

Anthony M. Rutkowski  
Ed. Artech House Inc.

### RDSI (RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS) TECNICAS Y VENTAJAS

G. Dicenet  
Ed. Masson, S.A.

### INTRODUCTION TO ISDN

William Stallings  
Ed. Mc Millan

### DIGITAL TELEPHONY

John Belamy  
Ed. John Wiley & Sons

### DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS

Leon W. Couch II  
Ed. Mc Millan

### CONOCIENDO AL AXE

Centro de Entrenamiento Latinoamericano Ericsson  
Teleindustria Ericsson S.A.

**AXE THE SUBSCRIBER SWITCHING SUBSYSTEM**  
Centro de Entrenamiento Latinoamericano Ericsson  
Teleindustria Ericsson S A

**REDES DE COMPUTADORAS PROTOCOLOS, NORMAS E INTERFACES**  
Uyless Black  
Ed. Macrobit-Rama

**COMUNICACIONES Y REDES DE PROCESAMIENTO DE DATOS**  
Nestor Gonzalez Sainz  
Ed. Mc Graw Hill

**ESTRATEGIAS DE PRUEBA PARA SS7**  
Boyd Williamson  
2º Simposium de Telecomunicaciones 1993

**RECOMENDACIONES DEL CCITT**  
Publicaciones de la UIT  
Libro Azul