



T  
621.38  
AR0  
C-2

## ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

### Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA CON  
TRANSMISION SDH PARA LA INTERCONEXION DE LAS  
CENTRALES DE TRANSITO DE GUAYAQUIL Y MACHALA  
CON LA CENTRAL DE HUAQUILLAS AL CORREDOR  
ANDINO DIGITAL”

### PROYECTO DE TOPICOS ESPECIALES

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACION  
ELECTRONICA

Presentada por:

YASMIN MARICELA AROCA MOSQUERA  
CHRISTIAN EMILIO AYON AUHING  
HECTOR BRANLY GUERRERO BRAVO

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

1998

61

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. ERNESTO MOLINEROS,  
Al Dr. Ing. FREDDY VILLO,  
Al personal de PACIFICTEL y a  
todos aquellos Profesionales que  
nos brindaron su colaboración y  
apoyo incondicional para llevar a  
cabo este Proyecto

# DEDICATORIA

A DIOS

A NUESTROS PADRES

A NUESTROS HERMANOS

A NUESTROS AMIGOS Y SERES  
QUERIDOS

TRIBUNAL DE GRADUACION



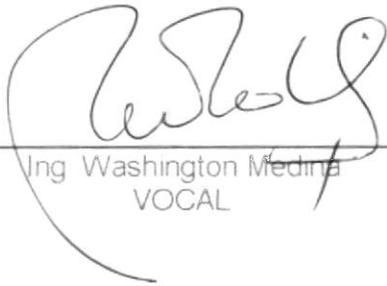
---

Ing. Armando Altamirano  
SUBDECANO DE LA FIEC



---

Ing. Ernesto Molineros  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Washington Medina  
VOCAL



---

Ing. Rebeca Estrada  
VOCAL

## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

  
YASMIN MARICELA AROCA MOSQUERA

  
CHRISTIAN EMILIO AYÓN AUÑIG

  
HECTOR BRANLY GUERRERO BRAVO

## RESUMEN

El tema a tratar en esta Tesis de Grado será, el diseño de una Red de Fibra Optica con Transmisión SDH para la interconexión de las Centrales De Tránsito Guayaquil-Machala con la Central Huaquillas como parte del Corredor Andino Digital

Describiremos los aspectos generales de la Planificación de una Red Telefónica para luego ser considerados en nuestro proyecto

Además haremos una descripción de la Red Existente de la ruta tratada en el proyecto, así como también la tecnología utilizada en la misma.

Analizaremos los tipos de tendido del cable de fibra óptica para el cual escogeremos el más adecuado para nuestro proyecto

Trazaremos en detalle el recorrido a seguir la Fibra Optica entre las Centrales de nuestro diseño.

Para el dimensionamiento de la ruta telefónica en nuestro proyecto, tomaremos como referencia la matriz actual de tráfico y mediante las proyecciones del crecimiento poblacional proyectada a 10 años (datos extraídos de INEN) haremos nuestra respectiva proyección.

Para determinar la capacidad del enlace propuesto también consideraremos el tráfico telefónico de las ciudades de Cuenca y Loja proyectadas a 10 años esto es porque se tiene planificado para el futuro formar un anillo SDH para enlazar las ciudades de, Guayaquil, Machala, Cuenca y Loja, así como también consideraremos parte del Tráfico Telefónico Internacional.

Describiremos también las especificaciones técnicas de los equipos utilizados, así como también el tipo de fibra óptica utilizada en nuestro proyecto



## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág</b>	
Figura 1 1	Configuración de una red telefónica tipo malla	2
Figura 1.2	Configuración de una red telefónica tipo estrella	3
Figura 1.3	Configuración de una red malla – estrella	4
Figura 1.4	Jerarquía de Zonas y Centrales. y Enrutamiento Básico	5
Figura 1.5	Configuración del número de abonado nacional	8
Figura 1.6	Distribución del ERC para los Circuitos Nacionales para las Comunicaciones Internacionales (En dB)	13
Figura 1.7	Analogía de la estructura CCS7 con el modelo OSI	17
Figura 1.8	Clases de Puntos de Señalización	20
Figura 1.9	Tipos de Enlace de Señalización	21
Figura 1.10	Muestreo de una señal analógica	25
Figura 1.11	Sistema de Conexión Cruzada Digital	31
Figura 1.12	Principio de funcionamiento de la Jerarquía Digital síncrona (SDH)	33
Figura 1.13	Estructura de la Red SDH	34
Figura 2.1	Corredor Andino Digital: Rutas Terrestres, Satelitales y Submarinas	40
Figura 2.2	Enlaces Terrestres – Corredor Andino Digital	41
Figura 2.3	Configuración de la red telefónica nacional	43
Figura 2.4	Tipos de Tráfico cursado por la Central de Tránsito de Guayaquil	45
Figura 2.5	Central de Tránsito Internacional de Guayaquil	46
Figura 2.6	Central de Tránsito Machala	47
Figura 2.7	Centrales intervinientes en la Ruta Guayaquil – Machala (red actual)	49
Figura 2.8	Conexión actual Machala – Huaquillas	50

Figura 2 9	Trayecto Machala – Tumbes para el enrutamiento de Tráfico Entre Guayaquil y Perú	51
Figura 2 10	Equipo de radio digital CT Machala	52
Figura 2 11	Equipo multiplexor digital CT Machala	53
Figura 2 12	Cable de fibra óptica – Tendido aéreo Huaquillas/Tumbes	54
Figura 2 13	Acometida del cable de fibra óptica a la central nueva de Huaquillas	55
Figura 2 14	Reserva de la acometida de la figura anterior	55
Figura 2 15	Interconexión digital terrestre en la frontera Ecuador – Perú	56
Figura 2 16	Caja de distribución de la fibra óptica	58
Figura 2 17	Convertidor Electrico/Optico – Optico/Eléctrico	58
Figura 2 18	Multiplexor digital SDH	59
Figura 2 19	Enlace de radio Machala – Huaquillas	61
Figura 3 1	Topología tipo bus	62
Figura 3 2	Topología tipo anillo	63
Figura 3.3	Diodo emisor láser	65
Figura 3 4	Cable de fibra óptica para ductos	66
Figura 3 5	Cable de fibra óptica para enterrado directo	68
Figura 3 6	Winche para tendido en sistemas de ductos canalizados	70
Figura 3 7	Máquina de empalme	74
Figura 3 8	Caja de empalme, vista interior	78
Figura 3 9	Caja de empalme, interior sellado	79
Figura 3 10	Sistema automatizado para tendido directamente enterrado	81
Figura 3 11	Tendido en líneas aéreas de alta tensión	83
Figura 3 12	Ruta existente entre las Centrales de Tránsito Guayaquil – Machala con la Central Local Huaquillas	85
Figura 3 13	Red futura, utilizando fibra óptica como medio de transmisión	85
Figura 3 14	Integración del enlace Guayaquil – Machala – Huaquillas al Anillo Sur	86
Figura 3 15	Sector 4 Matorrales y cultivos temporales	89

Figura 3.16	Sector 5. Matorrales, cultivos temporales, cruce de puente	90
Figura 3.17	Sector 7. Puente Río Bulu Bulu	92
Figura 3.18	Ejemplo paso de tubería/cable a lo largo de un puente	92
Figura 3.19	Sector 9. Zona arrocería	94
Figura 3.20	Diques de contención para canales de riego	96
Figura 3.21	Sector 18. Caseríos a lo largo de la ruta	98
Figura 3.22	Bananeras al pie de la vía	102
Figura 3.23	Central de Tránsito de Machala	104
Figura 3.24	Central de Tránsito de Machala	105
Figura 3.25	Diagrama general de la ruta Guayaquil – Machala – Huaquillas	109
Figura 4.1	Intensidad de tráfico telefónico en un día típico de trabajo (tráfico doméstico y de oficina)	111
Figura 4.2	Intensidad de tráfico	112
Figura 4.3	Diagrama de bloques Red Propuesta	120
Figura 4.4	Diagrama de la red propuesta	121
Figura 4.5	Ilustración fórmula para cálculo de atenuación	122
Figura 4.6	Caja de distribución de fibra óptica	123
Figura 4.7	Ubicación de las centrales y repetidores en la ruta Guayaquil – Machala – Huaquillas	130
Figura 5.1	Aplicaciones del Sistema STM – 16	140
Figura 5.2	Operación Cross Conector	141
Figura 5.3	Diagrama de Bloques del sistema STM – 16	142
Figura 5.4	Estructura de una ruta de transmisión con equipo de línea Síncrono SLA16	145
Figura 5.5	Equipo de monitoreo e interfaces de equipo de línea SLA16	146
Figura 5.6	Gestión de la red (Terminal Operativo)	149
Figura 5.7	Aplicaciones del STM – 16 dentro de una Red de transmisión SDH	151
Figura 5.8	Ejemplo de bastidor equipado y áreas de cableado	154
Figura 5.9	Interfaz externa del equipo STM-16	158

Figura 5.10	Tres aplicaciones del Repetidor Optico	168
Figura 5.11	Po. Típica vs Longitud de Onda de la Señal para el EDFA	169
Figura 5.12	Figura de Ruido Típica vs Potencia de Señal de Entrada	169
Figura 5.13	Potencia de Salida típica vs Potencia de Señal de Entrada	170
Figura 5.14	Figura de Ruido Típica vs Longitud de Onda de la Señal	170
Figura 6.1	Diagrama de la Red: Protección de los Enlaces de Servicio y Paralelo	180
Figura 6.2	Fenómeno Backscattering	181
Figura 6.3	Curva Típica del OTDR	182

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>	
Tabla 1 1	Distribución de los números de abonado en las Centrales Telefónicas de Guayaquil	10
Tabla 1 2	Códigos de área para llamadas interprovinciales	10
Tabla 1 3	Códigos de área para llamadas internacionales (Países del Area Andina)	11
Tabla 1.4	Códigos de área para llamadas internacionales	11
Tabla 2 1	Características de las Centrales	60
Tabla 2 2	Radios y Multiplex SHF Digital	60
Tabla 2 3	Sistemas Multiplex – distribución de canales analógicos	61
Tabla 2 4	Distribución de canales de Radio y Multiplex SHF analógicos	61
Tabla 3 1	Características principales Cable de fibra óptica para ducto	67
Tabla 3.2	Características principales Cable de fibra óptica para enterrado Directo	69
Tabla 4 1	Capacidad de los enlaces propuestos y dimensionamiento de la red	119
Tabla 4.2	Planeamiento de la transmisión	125
Tabla 4.3	Resultados del cálculo de atenuación	130
Tabla 4.4	Equipos de la red propuesta	133
Tabla 4 5	Costos de los Equipos de transmisión	133
Tabla 4.6	Costos del enlace	134
Tabla 4 7	Costos de mantenimiento	137
Tabla 5.1	Características del sistema ADM – 16	138
Tabla 5 2	Características ópticas EDFA a señal grande	170
Tabla 5.3	Características ópticas EDFA a pequeña señal	171

## INDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	VI
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	VII
<b>INDICE DE TABLAS</b>	XI
<b>INDICE GENERAL</b>	XII
<b>INTRODUCCION</b>	XVII
<b>CAPITULO I</b>	
<b>ASPECTOS GENERALES DE LA PLANIFICACION DE UNA RED TELEFONICA</b>	<b>1</b>
1 1 PLAN DE ENRUTAMIENTO	1
1 1 1 Red en Malla	2
1.1.2 Red en Estrella	2
1 1 3 Redes Mixtas	4
1 1 4 Jerarquía de Zonas y Centrales	5
1.2 PLAN DE NUMERACION	7
1 3 PLAN DE TRANSMISION	12
1.4 PLAN DE SINCRONISMO	14
1 4 1 Tasas Máximas de Deslizamiento	14
1.4.2 Red de sincronismo SDH	15
1 5 PLAN DE SEÑALIZACION	16
1.5.1 Estructura del CCS7 en referencia al Modelo OSI de 7 capas	17
1.5.2 ¿Cómo funciona CCS7?	19

1.5.3	El trayecto físico para la gestión de la red	22
1.6	PLAN DE TARIFACION	24
1.7	EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION DIGITAL	24
1.7.1	Multiplexado	26
1.7.2	Sincronización	27
1.7.3	La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)	28
1.7.4	La Jerarquía Digital Síncrona (SDH)	32
1.7.5	Ventajas de las redes síncronas	35
<b>CAPITULO II</b>		
<b>DESCRIPCION DE LA RED EXISTENTE</b>		
2.1	INTRODUCCION	39
2.2	DESCRIPCION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS MAS IMPORTANTES EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA – HUAQUILLAS	44
2.3	DESCRIPCION DEL TRAYECTO INTERCENTRAL ACTUAL EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA	48
2.4	DESCRIPCION DEL ENLACE HUAQUILLAS – TUMBEZ POR MEDIO DE CABLE DE FIBRA OPTICA	54
2.5	CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS ACTUALMENTE EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA	60

### **CAPITULO III**

<b>DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA</b>	<b>62</b>
3.1 TOPOLOGIA DE LA RED	62
3.2 CARACTERISTICAS DEL CABLE DE FIBRA OPTICA	64
3.3 TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA	70
3.3.1 Tendido en sistemas de ductos canalizados	70
3.3.2 Tendido del cable directamente enterrado	74
3.3.3 Tendido en líneas aéreas de alta tensión	82
3.3.4 Tendido de cable submarino	83
3.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE TENDIDO	84
3.5 PLANIFICACION DE LA RUTA	85
3.6 DESCRIPCION DE LA RUTA	87

### **CAPITULO IV**

<b>INGENIERIA DEL PROYECTO</b>	<b>110</b>
4.1 DETERMINACION DEL TRAFICO DE LA RED	110
4.1.1 Teoría de tráfico telefónico	110
4.1.2 Determinación del tráfico de la red	114
4.2 PROYECCION DE LAS MATRICES DE TRAFICO, CIRCUITOS Y MICs	117
4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED PROPUESTA	120

4.4	PLANEAMIENTO DE LA TRANSMISION	121
4.5	SELECCIÓN DEL EQUIPAMIENTO	132
4.6	ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO	133

## **CAPITULO V**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS Y TECNICAS**

	<b>DE MONTAJE</b>	<b>138</b>
--	-------------------	------------

5.1	MULTIPLEXOR SINCRONO DE EXTRACCION INSERCION DE 2.5 Gb/S (STM – 16)	138
5.1.1	Medios de Transmisión	143
5.1.2	Estructura de Principio de Ruta	144
5.1.3	Monitoreo, Señalización de Alarma. Operación	146
5.1.4	Operación y Gestión de la red	147
5.1.5	Aplicación en Redes de Transmisión	149
5.1.6	Unidades de equipo de línea y equipamiento (Configuración)	152
5.1.7	Alimentación	155
5.1.8	Operación con conmutación de protección de Línea	156
5.2	REPETIDOR OPTICO	166
5.2.1	Aplicaciones de los EDFA	167
5.2.2	Curvas características de operación del EDFA	169
5.2.3	Características Ópticas del EDFA	170
5.3	ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO EN EL ENLACE HUAQUILLAS – TUMBEZ	171

<b>CAPITULO VI</b>	
<b>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA</b>	178
6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	178
6.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	181
<b>CONCLUSIONES</b>	186
<b>RECOMENDACIONES</b>	189
<b>GLOSARIO</b>	192
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO 1: Índice de Recomendaciones del CCITT	195
ANEXO 2: Mapas de la ruta Guayaquil – Machala – Huaquillas	199
ANEXO 3: Resumen de la ruta Guayaquil – Machala – Huaquillas	212
ANEXO 4: Matrices de Tráfico	214
ANEXO 5: Diagrama de Pozo de empalme	223
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	227

## INTRODUCCION

El constante incremento en la demanda de Información rápida y actualizada capaz de insertar al Ecuador dentro del mundo globalizado será sólo uno de los beneficios inmediatos de la construcción y puesta en marcha de uno de los prometedores proyectos de la Empresa de Telecomunicaciones del Pacífico (Pacifictel) como es el de la Interconexión de los principales centros de desarrollo del Ecuador en este caso Guayaquil y Machala a la red de Telecomunicaciones Mundiales por Fibra Optica para lo cual se planea Interconectar a las Centrales de Tránsito de Guayaquil y Machala vía fibra óptica al Corredor Andino Digital el cual está conformado por el Cable Submarino Panamericano (Fibra Optica en el lecho del mar) y con este a su vez a los diferentes Cables Submarinos de Fibra Optica que circundan el Atlántico y que Interconectan Continentes proporcionando todos los servicios de telecomunicaciones existentes como son Teléfono, Video, Fax, Telefax, Televisión, Internet y todos los servicios requeridos por Corporaciones Públicas y Privadas como son la Videoconferencia, Servicios de Redes Privadas (Intranet), ISDN (Integrated Service Digital Network) etc

La fibra óptica es un medio de transmisión de la luz que ha adquirido una importancia inimaginable. Este conductor es capaz de cumplir las funciones de radioenlace, de un enlace por cable multipar o coaxial, o hasta reemplazar a los mundialmente conocidos satélites. Es tal su importancia que naciones de todo el mundo se encuentran desarrollando proyectos para implementar redes en las cuales la fibra óptica será su principal medio de transmisión

## **CAPITULO I**

# **ASPECTOS GENERALES DE LA PLANIFICACION DE UNA RED TELEFONICA**

## **ASPECTOS GENERALES DE LA PLANIFICACION DE UNA RED DE TELEFONICA**

Para implementar una red telefónica se deben seguir una serie de pasos que definan bases teóricas, reglas, normas técnicas de diseño, criterios para la adquisición e implementación del equipamiento involucrado y lineamientos para una adecuada utilización y administración de la red. Estos pasos se conocen como los Planes Técnicos Fundamentales y son seis:

- Plan de Enrutamiento
- Plan de Numeración
- Plan de Transmisión
- Plan de Sincronismo
- Plan de Señalización
- Plan de Tarificación

Estudiaremos los planes técnicos definidos para PACIFICTEL, ya que esta administra los servicios que cubren las provincias de Manabí, El Oro, Los Ríos, Guayas, Cañar, Azuay, Loja, Morona Santiago, Zamora Chinchipe y Galápagos; que como podemos apreciar abarca las centrales más importantes de la ruta que vamos a analizar (la central de Guayaquil y la central de Machala).

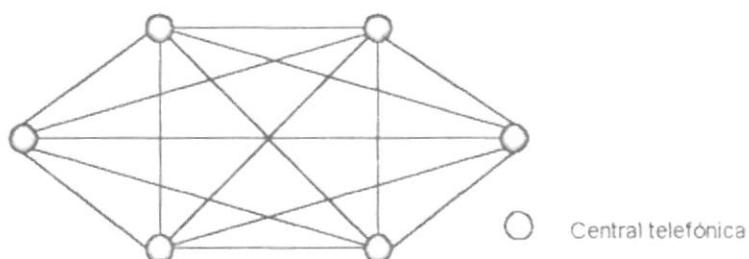
### **1.1 PLAN DE ENRUTAMIENTO**

Este plan debe determinar cómo se encamina el tráfico cursado por la red entre un abonado y otro. El principio básico es seguir un trayecto de acuerdo con los órdenes jerárquicos ascendente y descendente, para lo cual debemos considerar los modelos básicos de interconexión de centros de conmutación, la configuración escogida depende del número de abonados y de su ubicación geográfica. Los modelos de interconexión son:

- Red en Malla
- Red en Estrella
- Red Mixta

### 1.1.1 Red en Malla

Una red básica en malla tiene una estructura en la que cada central está directamente conectada con todas las demás. Por tanto, no tiene centros de tránsito, puesto que las llamadas entre centrales se encaminan a través de un solo enlace



**Figura 1.1 Configuración de una red telefónica tipo malla**

Cabe indicar además que una red de  $n$  nodos requiere  $n(n-1)$  haces de circuitos unidireccionales, de manera que de una red metropolitana esta configuración sería demasiado costosa.

### 1.1.2 Red en Estrella

En una red básica en estrella, todas las llamadas entre dos centros de conmutación del mismo nivel pasan a un centro intermedio de un nivel superior. Para este tipo de red es necesario que todas las centrales estén conectadas por rutas directas a dicho

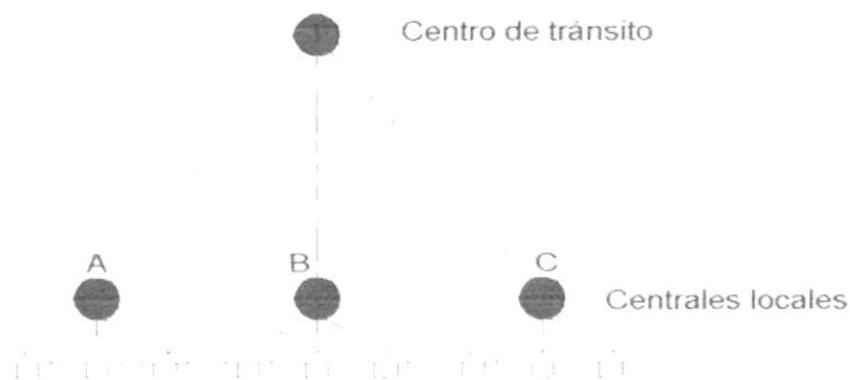
centro intermedio El centro intermedio se denomina comúnmente **centro de tránsito**

En una configuración simple, como se puede apreciar en la figura 1.2, las llamadas entre las centrales A, B y C están encaminadas a través del centro de tránsito T

Otro ejemplo de este tipo de configuración es aquella en que los abonados están conectados con su central local (centro de conexión) dentro de la red local. Esta configuración es en estrella porque todos los abonados están conectados directamente a su centro de conexión.

La estructura de una red que utilice una configuración en estrella da lugar a un modelo formado por varias redes estrellas superpuestas

Al examinar en la práctica construcciones de red existentes, las unidades de conmutación tienen que clasificarse en "niveles" u "órdenes" dentro de la jerarquía de la red. Para simplificar el análisis de las configuraciones (o las jerarquías) de red no se puede mencionar la central local. Sólo se clasifican los centros de tránsito que son considerados de primer orden (nivel más bajo).



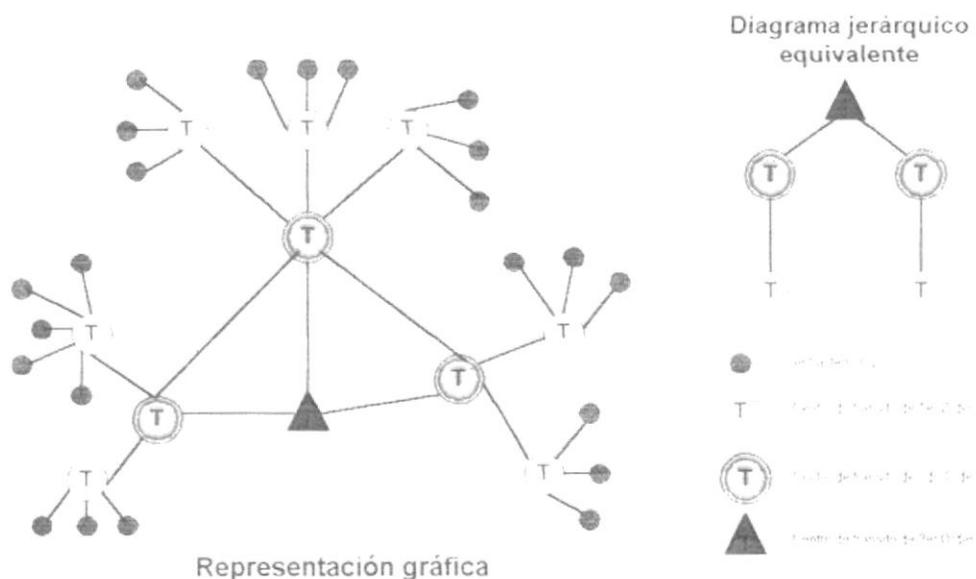
**Figura 1.2 Configuración de una red telefónica tipo estrella**

### 1.1.3 Redes Mixtas

Las formaciones en malla y en estrella coexisten en la práctica en las redes de telecomunicaciones

La estructura en estrella es adecuada en aquellos casos en los que el volumen de tráfico entre los centros del mismo nivel jerárquico es poco elevado, mientras que cuando el tráfico entre estos centros es muy intenso se suele optar por una formación en malla. Puede darse que no sea práctico el proporcionar todos los servicios de abonado a partir de la central terminal, en cuyo caso los servicios los proporciona una central de un orden más elevado. Esta configuración requeriría, por tanto, una red en estrella para superar estas exigencias de tipo económico o de limitación de equipos. Un ejemplo de este tipo, de servicio son los servicios de operadora

Si bien por las razones antes mencionadas resulta adecuada una red formada por varias en estrella, las rutas directas se justifican cuando el tráfico entre dos centros excede de un determinado valor. En este caso, la red es una configuración estrella - malla, tal como se observa en la figura 1.3.



**Figura 1.3 Configuración de una red malla - estrella**

Una vez que hemos revisado los distintos modelos de interconexión, debe definirse en primer lugar la jerarquía, es decir, especificar para cada nivel el número de centros, su ubicación y su zona de influencia. Debe establecerse la definición de la zona, intentando agrupar conjuntamente todos los centros que tengan las afinidades más importantes así como teniendo en cuenta las interacciones con los restantes planes técnicos fundamentales.

La segunda operación consiste en definir las reglas de interconexión entre los diversos niveles:

- Proporcionar una ruta directa o de gran utilización cuando el tráfico sea abundante
- Seguir el trayecto jerárquico (rutas finales) que permite agrupar todas las rutas de poco tráfico hasta la siguiente central en la que podrá plantearse nuevamente el mismo problema.

#### 1.1.4 Jerarquía de Zonas y Centrales

La red telefónica de larga distancia del Ecuador empleará una estructura de 3 niveles jerárquicos de centrales y un nivel jerárquico internacional, tal como se aprecia en la figura 1.4 en donde, además, se presenta el enrutamiento básico a seguir para el tráfico nacional e internacional.

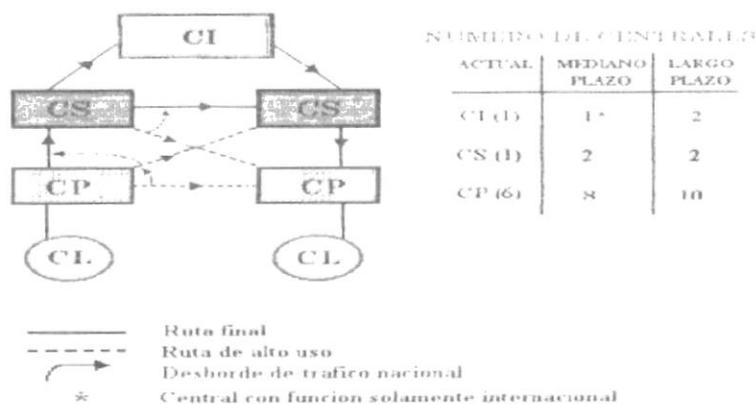


Figura 1.4 Jerarquía de Zonas y Centrales, y Enrutamiento Básico

- **Central local (CL) y zona local (ZL)**

Es aquella a la que se conectan los abonados de su respectiva área de central o zona local. En Guayaquil disponemos de centrales combinadas tándem-local para cursar el tráfico entre centrales locales.

Los centros locales pueden tener las llamadas Unidades remotas de abonados, que son extensiones de las centrales (ampliando su número de líneas), en sitios más alejados de ésta, y que por carecer de autonomía y facilidades, son considerados centros de menor categoría.

- **Centro primario (CP) y zona primaria (ZP)**

Son zonas que están servidas por centros primarios de conmutación, a los cuales se conectan las centrales locales para permitir el establecimiento de las conexiones interurbanas.

En PACIFICTEL están: Guayaquil, Cuenca, Manta, Machala, Loja, y Galápagos; aunque **se prevé la ampliación de un centro primario más en Guayaquil en el mediano plazo**, así como también en Quevedo y otro en Zamora, pero este último será en el largo plazo.

**Las centrales primarias a excepción de la de Guayaquil en PACIFICTEL, serán combinadas de tránsito y local**, ya que no se justifica, por su tamaño, instalar centrales independientes.

- **Centro secundario (CS) y zona secundaria (ZS)**

Son agrupaciones de varias zonas primarias que forman una zona secundaria con sus centros secundarios correspondientes.

**PACIFICTEL** tendrá su centro secundario en Guayaquil, por lo que también este cumplirá con las funciones de centro primario; aunque en el mediano plazo, se prevé por cuestiones de confiabilidad y tráfico, la instalación de un nuevo centro secundario.

- **Centros internacionales (CI)**

Es el nivel más alto de la red al cual se conectan los centros secundarios para cursar el tráfico internacional. **La central internacional de PACIFICTEL esta instalada en Guayaquil, la misma que cumple con las funciones de centro secundario y primario.**

## 1.2 PLAN DE NUMERACIÓN

En este plan se especifica el formato y la asignación del número de cifras que va a tener un determinado abonado en una región cualquiera.

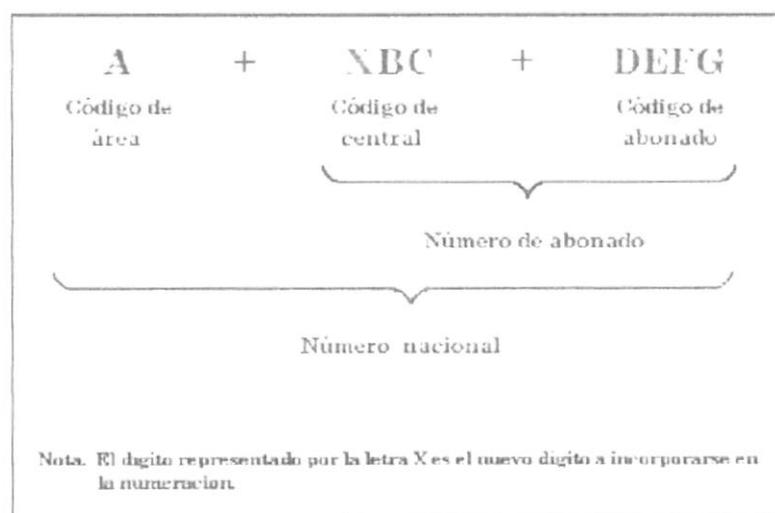
El plan de Numeración establece el esquema de numeración adoptado y los procedimientos de discado para los diferentes servicios de telecomunicaciones, se basan fundamentalmente en las recomendaciones de la serie E 160 a 164, E 212 a E 213, y Q 10 y Q 11 del CCITT.

Su objetivo es el dotar a cada abonado de un número exclusivo para el establecimiento automático de comunicaciones. Este plan debe prepararse con antelación y mucho cuidado, puesto que es el más difícil y costoso de modificar posteriormente, debido tanto a las modificaciones necesarias del equipo en los centros de conmutación como a los cambios en el comportamiento de los clientes. Por lo tanto este plan debe de prepararse antes de iniciar el proceso de automatización de la red interurbana y debe durar como mínimo 30 años, y normalmente 50 años.

Los siguientes criterios deben ser tomados en cuenta al momento de preparar este plan.

- Facilidad de utilización y comprensión por todos los abonados
- Compatibilidad con el equipo existente y futuro
- Compatibilidad con las normas internacionales
- Facilidad para establecer el encaminamiento del tráfico y los planes de tarificación

La configuración de los números de abonado en Ecuador está distribuida a 6 dígitos. Se pueden anteponer una serie de dígitos, adicionales al número de abonado, para la conexión con un abonado en otra provincia (dentro del territorio nacional) e inclusive en el exterior.



**Fig. 1.5 Configuración del número de abonado nacional**

Para acceder a un abonado en el exterior, particularmente a un abonado de cualquier país del Area Andina, se debe seguir el siguiente procedimiento

Se digita **00** para acceso a discado directo internacional

Se digita el **código de área del país** hacia el cual queremos hacer la llamada

Se digita el **código de área de la región** dentro del país de destino

Se digita el **número de abonado** en el país de destino, el número de dígitos de este dependerá del crecimiento poblacional y demanda telefónica en el país destino.

A continuación se pueden apreciar una serie de tablas que contienen la información necesaria para acceder a los diferentes tipos de llamadas que se pueden realizar: llamadas locales, interprovinciales e internacionales.

CENTRALES TELEFÓNICAS DE GUAYAQUIL					
ALBORADA 1	270000 - 275999	GUASMO 1	430000 - 439999	PASCUALES	890000 - 899999
ALBORADA 2	230000 - 249999	GUASMO 2	490000 - 496999		
				POLITÉCNICA	260000 - 269999
BELLAVISTA	220000 - 223999	GUAYACANES	820000 - 829999		
BELLAVISTA	220000 - 209999			PORTETE 1	460000 - 464000
		KENNEDY NORTE	298000 - 299999	PORTETE 2	470000 - 475999
BOYACÁ 1	300000 - 309999				
BOYACÁ 2	310000 - 314999	PUNTILLA	830000 - 834000	PUERTO NUEVO	480000 - 489999
BOYACÁ 3	560000 - 566999				
		LAGO DE CAPERA	267000 - 267999	SAMANES	210000 - 214999
CENTRO 3	522000 - 526949				
CENTRO 3	530000 - 534999	LOS CEBOS	350000 - 354999	SUR 1	340000 - 349999
CENTRO 3	510000 - 519999			SUR 2	330000 - 334999
		LOS CISNES	840000 - 844999	SUR 3	580000 - 584999
CERRO AZUL	870000 - 874999			SUR 3	440000 - 449999
		MAPASINGUE	250000 - 266999		
COLINAS DE LOS CEBOS	850000 - 854999			TERMINAL TERRESTRE	297000 - 297999
		NORTE 1	390000 - 399999		
DURÁN	800000 - 817999	NORTE 2	280000 - 296999	URDESA 1	380000 - 389999
				URDESA 2	880000 - 889999
F.CORDERO 1	400000 - 408929	OESTE 1	360000 - 369999		
F.CORDERO 2	410000 - 419999	OESTE 2	370000 - 373999		
		OESTE 3	450000 - 455999		

Tabla 1.1 Distribución de los números de abonado en las Centrales Telefónicas de Guayaquil

LLAMADAS INTERPROVINCIALES			
ÁREA	PROVINCIAS	ÁREA	PROVINCIAS
07	AZUAY	07	LOJA
03	BOLÍVAR	05	LOS RÍOS
07	CAÑAR	05	MANABÍ
06	CARCHI	07	MORONA SANTIAGO
03	COTOPAXI	06	NAPO
03	CHIMBORAZO	03	PASTAZA
07	EL ORO	02	PICHINCHA
06	ESMERALDAS	06	SUCUMBIOS
	GALÁPAGOS		TUNGURAHUA
05		03	
04	GUAYAS	07	ZAMORA CHINCHIPE
06	IMBABURA		

Tabla 1.2 Códigos de área para llamada interprovincial

**CÓDIGOS DE ÁREA PARA PAÍSES DEL PACTO ANDINO**

PAÍS	VENEZUELA	COLOMBIA	ECUADOR	PERÚ	BOLIVIA
CÓDIGO	58	57	593	51	591

*Tabla 1.3 Códigos de área para llamada internacional (países del Area Andina)*

**CÓDIGOS DE ÁREA PARA LLAMADA INTERNACIONAL**

EUROPA						
PAÍS	ALEMANIA	ESPAÑA	FRANCIA	ITALIA	REINO UNIDO	SUIZA
CÓDIGO	49	34	33	39	44	41

AMÉRICA LATINA						
PAÍS	ARGENTINA	BRASIL	CHILE	MÉXICO	URUGUAY	PANAMA
CÓDIGO	54	55	56	52	598	507

PAÍS	ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ					
CÓDIGO	1					

*Tabla 1.4 Códigos de área para llamada internacional.*

### 1.3 PLAN DE TRANSMISIÓN

El plan de transmisión asigna básicamente los niveles tolerables de atenuación y otras degradaciones de transmisión que puedan soportar los sistemas de telecomunicaciones, de tal manera que dos clientes que usen el sistema ya sea en una conexión local, nacional o internacional puedan comunicarse en forma satisfactoria.

Su objetivo es el de especificar la calidad de transmisión entre abonados una vez establecida la comunicación. El primer objetivo de un plan de transmisión es de establecer un equivalente de referencia que tenga también en cuenta otras degradaciones tales como la distorsión de atenuación y de fase, el eco, la diafonía y otros tipos de ruido. Luego se determinará la mejor manera de distribuir dichas degradaciones entre los distintos elementos de la red.

El plan de transmisión deberá especificar que caminos de transmisión serán a dos hilos, y cuales a cuatro hilos. Los valores normalizados de atenuación tolerada deberán tener en cuenta:

- El número de niveles en la jerarquía de los centros de conmutación
- La extensión de la zona local.

Un parámetro que PACIFICTEL adoptó para medir la calidad de transmisión es el llamado **Equivalente de Referencia Corregido (ERC)**, medido en dB y cuya descripción consta en las recomendaciones G111 y G121 del libro rojo del CCITT.

Otro parámetro utilizado lo constituye el Índice de Sonoridad (IS), cuya respectiva equivalencia en ERC también se detalla en las recomendaciones antes citadas.

## Distribución del Equivalente de Referencia Corregido (ERC)

### Sistema de Abonado

- **Línea de Abonado**

Para las líneas de abonado, se distribuye una pérdida de transmisión de 7 dB (para 1000 Hz)

- **Aparato Telefónico**

La sensibilidad del aparato telefónico debe ser tal que cuando se conecta a una línea de abonado que tiene un calibre de 0.4 mm y una pérdida de transmisión de 7 dB, el equivalente de referencia resulta en

ERC: 10.0 dB en la Transmisión

ERC: 0.5 dB en la Recepción

### Circuito nacional para las comunicaciones internacionales

Para los circuitos nacionales que cursan el tráfico internacional, se distribuye el ERC como se indica en la figura 1.6

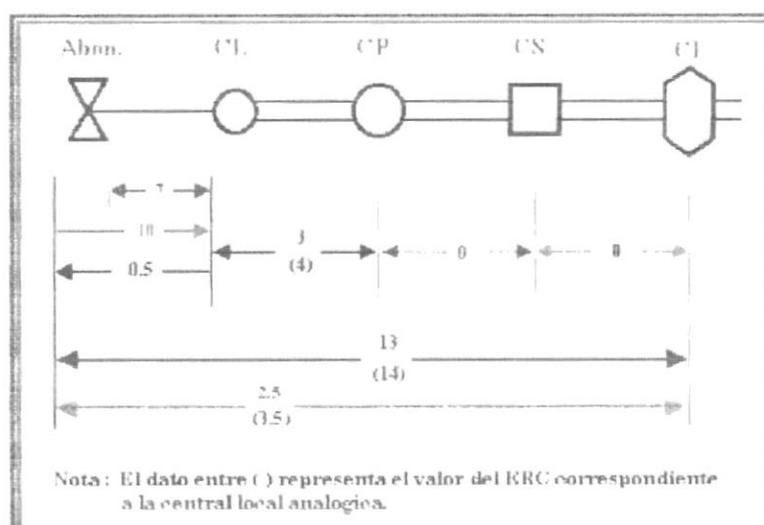


Figura 1.6 Distribución del ERC para los Circuitos Nacionales para las Comunicaciones Internacionales (En dB)

### **Verificación de la distribución**

Conexión nacional (digital)

$$\begin{aligned} \text{ERCG} &= 10 \text{ dB} + 6 \text{ dB} - 0.5 \text{ dB} + 4 \text{ dB (Variación)} \\ &= 19.5 \text{ dB (19.5 dB} < \text{objetivo máximo 25.5 dB)} \end{aligned}$$

Conexión nacional (central local y/o circuito interurbano analógico)

$$\begin{aligned} \text{ERCG} &= 10 \text{ dB} + 8 \text{ dB} - 0.5 \text{ dB} + 4 \text{ dB (Variación)} \\ &= 21.5 \text{ dB (21.5} < \text{objetivo máximo 25.5 dB)} \end{aligned}$$

Parte nacional (digital) en una conexión internacional

$$\begin{aligned} \text{ERCG} &= 10 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 2 \text{ dB (Variación)} \\ &= 15 \text{ dB (15 dB} < \text{objetivo máximo 19 dB)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ERCG} &= -0.5 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 2 \text{ dB (Variación)} \\ &= 4.5 \text{ dB (4.5 dB} < \text{objetivo máxima 7.5 dB)} \end{aligned}$$

### **Otros parámetros a considerarse en el Plan de Transmisión**

En cuanto al eco, se aplicara la recomendación G122 del libro rojo del CCITT y en cuanto a ruidos de circuitos en las redes nacionales, distorsión de atenuación y diafonía se acogerán a las recomendaciones G123, 132, 133 y 134.

## **1.4 PLAN DE SINCRONISMO**

### **1.4.1 Tasas Máximas de Deslizamiento**

a - Para las centrales internacionales, según la Recomendación de G-811 del CCITT, se deberá tener, en condiciones normales, máximo un deslizamiento en 70 días sobre cada enlace digital de 64 Kb/s, a través de la central

b.- La tasa de deslizamiento para una conexión internacional digital de extremo a extremo, no debe sobrepasar de cinco deslizamientos en 24 horas en condición nominal, de acuerdo a la recomendación G-822 del CCITT

c.- El objetivo mencionado en b.- se distribuye de acuerdo a lo indicado en el cuadro 2 de la recomendación del CCITT G-822, es decir

Parte de tránsito internacional. 8 % (1 deslizamiento cada 60 - horas)

Cada parte de tránsito nacional \* 6% (1 deslizamiento cada 80 horas)

Cada parte local. \* 40 % (1 deslizamiento cada 12 horas)

- La repartición de los porcentajes en las partes nacional y local, está dada por el CCITT como orientación pudiendo estos variar pero nunca su suma debe ser mayor que 46 %

La tasa de deslizamientos por central calculados con los porcentajes indicados anteriormente serían:

- Local: 1 deslizamiento cada 12 horas (se asume un reloj de  $1 \times 10^{-9}$  )
- Nacional: 1 deslizamiento cada 10 días (se asume un reloj de  $1 \times 10^{-10}$ )
- Internacional: 1 deslizamiento cada 12.5 días (se adopta reloj de  $1 \times 10^{-11}$ )

#### 1.4.2 Red de sincronismo SDH

Cada uno de los elementos de red contenidos en la Jerarquía Digital Sincrónica, tienen un reloj interno. Es de gran importancia que estos relojes estén apropiadamente sincronizados es decir se encuentren en fase

La razón de esto es que la red SDH genera justificaciones de puntero debido a diferencias existentes en fase y frecuencia dentro de la red. En el caso de la

Jerarquía Digital Plesiócrona PDH éstas justificaciones generan fluctuaciones en sus interfaces

En casos de equipos de conmutación se pueden presentar grandes problemas con el puntero y procesos de justificación de bits. Es importante entonces tener un plan de sincronización bien estructurado para evitar problemas

El método más apropiado de sincronización para las redes SDH es el método Maestro-Esclavo, en el cual uno de los elementos de la red es elegido como referencia para los otros. Los demás elementos de la red sincronizarán sus relojes al reloj Maestro. Este método es comúnmente llamado PAM S (Pre-selected Alternative Master Slave). Los enlaces que transportan la señal de sincronización hacia otro elemento de red son comúnmente enlaces de tráfico STM-N ó de 2 Mb/s, aunque en algunos casos se usan enlaces de sincronización dedicados.

## 1.5 PLAN DE SEÑALIZACIÓN

Se entiende por señalización el conjunto de informaciones intercambiadas entre dos puntos de la red: usuario – central o central – central. La señalización tiene como objetivos principales:

- **Supervisión:** detección de condición o cambio de estado
- **Direccionamiento:** establecimiento de la llamada
- **Explotación:** gestión y mantenimiento de la red

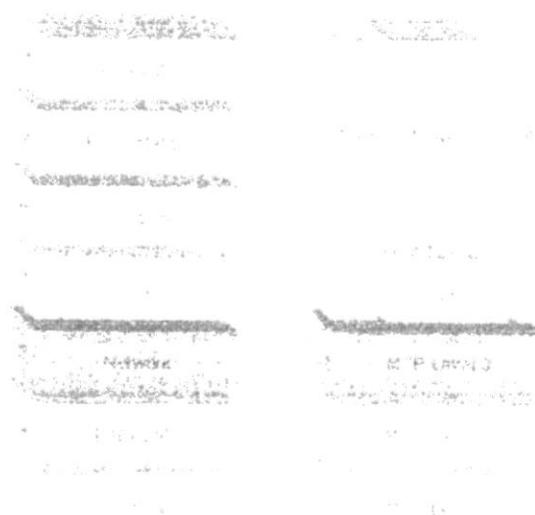
En la señalización por canal común la red de señalización puede ser distinta a la red de información debido a que se pretende una red redundante para asegurar al máximo la confiabilidad del mensaje. En otras palabras, se pretende que la comunicación entre procesadores de los centros de conmutación se mantenga aún cuando las condiciones de la red de transporte de información de usuario se encuentre interrumpida

El ITU ha fijado y diseñado el CCS7 (Sistema de señalización por canal común # 7) con el propósito de ser el único compatible con la red digital futura y con los servicios integrados ISDN. La estructura lógica del CCS7 se fundamenta en el modelo de 7 capas de interconexión de sistemas abiertos OSI. El modelo se reduce a 4 capas para obtener un ahorro sustancial en el tiempo de procesamiento.

Por lo tanto, la importancia del Plan de Señalización es de implementar una plataforma de red que posibilite brindar servicios integrados, y nuevos servicios basados en el sistema de señalización por canal común N. 7 de tal forma que se puedan definir los métodos y señales que han de enviarse entre centrales para el establecimiento de las comunicaciones, envío de información sobre la tarificación de las llamadas y otros fines administrativos. Deben establecerse interfaces de conversión de señales para los diferentes tipos de sistemas.

### 1.5.1 Estructura del CCS7 en referencia al Modelo OSI de 7 capas

En la figura 1.7 se puede apreciar la analogía entre la estructura del modelo CCS7 y el modelo OSI.



**Figura 1.7 Analogía de la estructura CCS7 con el modelo OSI**

A continuación presentamos una breve descripción de cada uno de los niveles que conforman el modelo CCS7

### ***MTP, Parte de transferencia de mensaje***

El Parte de transferencia de mensaje se divide en 3 niveles. El nivel más bajo, **MTP level 1**, es equivalente a la Capa Física del modelo OSI. MTP level 1 define las características físicas, eléctricas y funcionales del enlace de señalización digital. Así mismo incluye las interfaces E1 (2048 Kbps), DS-1 (1544 Kbps), V.35 (64 Kbps), DS-0 (64 Kbps) y DS-0a (56 Kbps)

El nivel 2, **MTP level 2**, implementa control de flujo, validación de la secuencia de los mensajes y detección de errores en la transmisión. Este nivel es equivalente a la capa de enlace de datos del modelo OSI

El nivel 3, **MTP level 3**, provee mensajes de enrutamiento entre los puntos de señalización de la red CCS7. MTP level 3 es equivalente a la capa de red del modelo OSI

### ***Parte de usuario ISDN (ISUP)***

ISDN User Part define el protocolo que sirve para configurar, administrar y establecer los circuitos troncales que transportan voz y datos al usuario final

### ***Parte de usuario telefónico (TUP)***

En ciertas regiones del mundo (Como Brasil y China) TUP es usada para soportar funciones básicas de establecimiento y terminación de llamadas. TUP se usa sólo para circuitos analógicos. En ciertos países, ISUP ha sido reemplazado con TUP para la administración de las llamadas.

### ***Parte de aplicaciones en capacidad de transacción (TCAP)***

TCAP soporta el intercambio de los circuitos que no contienen datos de aplicaciones a lo largo de la red CSS7. TCAP maneja los requerimientos y respuestas que son intercambiadas entre SSP y SCP.

### ***Parte de operación, mantenimiento y administración (OMAP) y ASE***

OMAP y ASE manejan la gestión, configuración y mantenimiento de la red telefónica

## **1.5.2 ¿Cómo funciona CSS7?**

El estándar CSS7 define los procedimientos y el protocolo con el cual los elementos de la red telefónica intercambian información sobre una red de señalización digital. Para lo cual se describe a continuación el establecimiento de las señales a través de esta red.

### ***Enlaces de señalización***

Los mensajes del CCS7 son distribuidos en la red a través de canales de 64 Kbps (Standard Europeo), estos canales son llamados **enlaces de señalización**.

El sistema de señalización CCS7 provee de las siguientes ventajas:

- Establecimiento de llamadas en menor tiempo
- Uso más eficiente de los circuitos vocales
- Plataforma para redes inteligentes y control de las mismas

### ***Puntos de señalización***

Cada punto de señalización en la red CSS7 tiene un código exclusivo. Estos códigos son transportados en mensajes de señalización que son intercambiados entre los puntos de señalización para identificar la fuente y el destino de cada mensaje. Cada punto de señalización usa una tabla de enrutamiento para seleccionar el camino apropiado de señalización para cada mensaje.

Existen 3 clases de puntos de señalización en la red CCS7, como se puede apreciar en la figura 1.8

**SSP** (Punto de servicio de conmutación)

**STP** (Punto de transferencia de señal)

**SCP** (Punto de control de servicio)



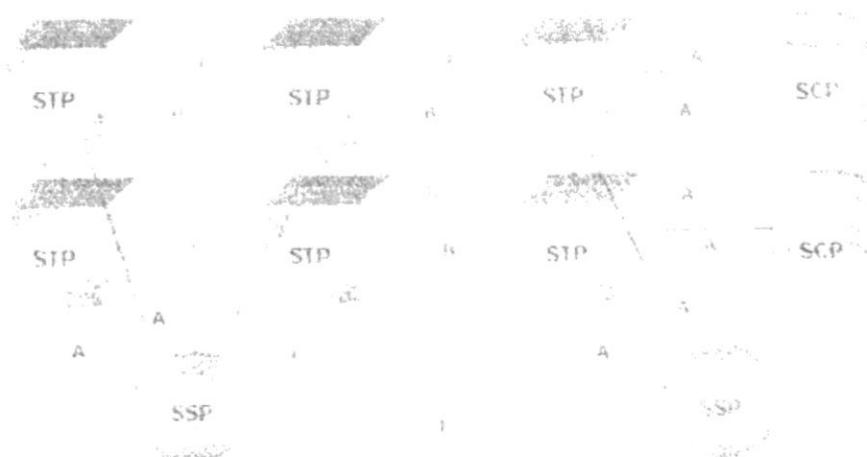
**Figura 1.8 Clases de Puntos de Señalización**

**SSP** son switches que originan, terminan y transfieren llamadas. Un SSP envía mensajes de señalización a otro SSP para establecer, manejar y liberar los circuitos que son requeridos para completar la llamada. Un SSP puede también enviar un mensaje de requerimiento a una base de datos central (SCP) para determinar como enrutar una llamada, una SCP envía la respuesta (al SSP que originó el requerimiento) con la ruta asociada al número marcado.

**STP** actúa como un hub, para la optimización de la red CSS7 a través de la eliminación de enlaces directos entre puntos de señalización.

### Tipos de enlace de señalización CCS7

Los enlaces de señalización son organizados en forma lógica de acuerdo a su uso en la red de señalización CCS7



**Figura 1.9 Tipos de Enlace de Señalización**

**Enlace A:** el enlace de Acceso (A) conecta los puntos terminales de señalización (SCP o SSP) con un STP.

**Enlace B:** el enlace Bridge (B) conecta un STP con otro STP. Existe un enlace tipo D, que tiene una función similar al enlace tipo B, por tal razón muchas veces se hace referencia al enlace B/D.

**Enlace C:** el enlace Cross (C) sirve para conectar STP's cuando uno de estos no tiene una ruta libre hacia su destino.

**Enlace D:** el enlace Diagonal (D) conecta un STP secundario con un STP primario

**Enlace E:** el enlace Extended (E) conecta un SSP con un STP alternativo, este enlace se establece cuando el enlace tipo A no consigue respuesta.

**Enlace F:** el enlace Fully associated (F) conecta dos puntos de señalización terminales (SSP's y SCP's)

A través del canal de señalización se lleva a cabo la Gestión de la red, no tal motivo al referirnos a la red de señalización por canal común (RSCC#7), implícitamente estamos tratando de la red de Gestión. A continuación se analizarán las funciones para la Gestión de la Transmisión concebidas dentro de la estructura de la señal SDH.

### 1.5.3 El trayecto físico para la gestión de la red

En el modelo de referencia OSI de siete capas, el Nivel 1 requiere la definición de un trayecto físico para las comunicaciones. Por el contrario, dentro del marco de las recomendaciones del CCITT para las redes plesiócronas existentes, no se dispuso la habilitación de un trayecto estándar para la gestión. Para superar la falta de este canal, se han desarrollado sistemas con tecnología propia del fabricante, con base en la utilización de los bits de reserva dentro de la trama de la señal, o bien con base en métodos de codificación de línea parecidos a los utilizados en los sistemas submarinos.

A pesar de las restricciones en cuanto a velocidades de transmisión, algunos de los métodos utilizados permiten el control y monitorización de los equipos, y dentro de ciertos límites, hasta la configuración remota. Las desventajas principales de estos sistemas tienen que ver con el hecho de que las funciones de gestión quedan restringidas a un canal que permite el acceso únicamente a una velocidad de transmisión determinada y por ende se requiere de multiplexación apropiada para

lograr el acceso. Como consecuencia de esta restricción, la gestión sólo puede realizarse sección por sección, pero lo que es más grave es la imposibilidad del interfuncionamiento entre sistemas diferentes. Es muy probable que el equipo de un fabricante determinado ni siquiera sustente un canal administrativo o de gestión entre dos equipos de un tercer proveedor.

Con la introducción de un nuevo método de transmisión, la jerarquía SDH, se aprovechó la oportunidad de poner en práctica los ideales del modelo de referencia OSI de siete capas, para definir un canal administrativo o de gestión. Este proceso se inició con la definición de una capacidad de datos administrativos, denominada como tara, en la trama STM-1, permitiendo la definición de un canal administrativo para las comunicaciones "sección a sección". Luego se prosiguió con la definición de taras para el nivel de las unidades administrativas (AU) y para las unidades tributarios (TU), proporcionando así una capacidad de gestión en todo el núcleo de la red de transmisión, así como un canal para la gestión de trayectos en relación con un enlace de extremo-a-extremo a través de la extensión total de la red.

Esta capacidad de brindar las funciones de gestión de trayecto hasta el nivel VC-1 (2 Mb/s) hace resaltar el avance significativo que se logra en la gestión de las telecomunicaciones mediante la introducción de la jerarquía SDH. No obstante, el impulso hacia la definición de una normativa administrativa no se ha detenido aquí. Las Recomendaciones G.783 y G.784 del CCITT proponen normas relativas a la utilización del canal de gestión, también conocido como canal de comunicaciones de datos (DCC) o canal integrado de comunicaciones (ECC), y también proponen los protocolos que habrían de emplearse para las seis capas restantes del modelo OSI.

Mediante estas definiciones, y el trabajo permanente de los grupos de estudio SDH, se han dado los primeros pasos importantes hacia la implementación de sistemas abiertos, para la Gestión de Redes en el sector de las telecomunicaciones.

## 1.6 PLAN DE TARIFACIÓN

Para la tarificación de las llamadas locales pueden seguirse varios métodos

- Tarifa fija independiente del número de llamadas, de su duración y de la distancia dentro de una zona local.
- Tarifa en función del número de llamadas solamente
- Tarifa en función del número de llamadas, su duración y la distancia

Las tarifas para las comunicaciones interurbanas pueden variar con la duración, y de un país a otro, dependiendo de los planes de las Administraciones.

La determinación de un plan de tarifas comprende decisiones gubernamentales, pero normalmente los planificadores de redes intervienen para suministrar la estructura de los componentes del costo a la cual ha de ajustarse la estructura tarifaria

Debe observarse que las modificaciones de las tarifas, e incluso algunas características tarifarias, pueden influir substancialmente en la evolución del tráfico en la red. Esto deberá tenerse cuidadosamente en cuenta, en la elaboración de métodos de previsión del tráfico por el planificador.

## 1.7 EVOLUCION DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISION DIGITAL

La transmisión digital es posible debido a la Conversión de señales analógicas de voz en señales digitales, esto se logra mediante la técnica PCM (Module Code Pulse) Modulación de Pulsos Codificados

Por un lado, la voz humana es una señal continua (analógica) en el rango de frecuencias de 0-4 KHz. Por otro lado, la comunicación digital, se basa en la transmisión y recepción de bits discretos (0 y 1). Por consiguiente, para transmitir

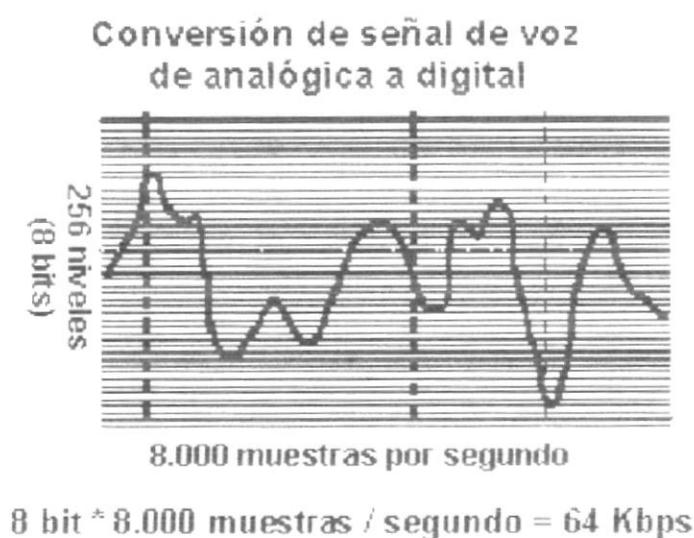
tanto la voz humana como otras señales analógicas es totalmente necesario convertir las señales analógicas en una corriente de bits, y para recibirlos en su estado inicial, realizar el proceso inverso

La conversión analógica a digital se hace por muestreo de las señales analógicas, caracterizando su nivel por una o más cifras las cuales se transmiten por la vía digital. El proceso inverso se realiza regenerando las señales analógicas de acuerdo con las cifras que se reciban.

De acuerdo con la Ley de Nyquist, la frecuencia mínima de muestreo que se necesitan para realizar la reconstrucción de las señales analógicas iniciales, sin pérdida de calidad, es de dos veces el número de la frecuencia máxima de esta señal.

En el caso de la voz, esto resulta en  $2 \times 4 \text{ KHz} = 8 \text{ K}$  Muestras por segundo

El método más común para la caracterización de los niveles de la onda analógica se llama PCM (Pulse Code Modulation). Este método divide el nivel en 256 niveles (8 bits)



*Figura 1.10 Muestreo de una señal analógica.*

Así, realizando el muestreo 8K veces por segundo, y pudiendo tener cada muestra de 0 a 255 niveles (8bits), entonces necesitamos  $8 \text{ K/s} \cdot 8 \text{ bit} = 64\text{K bits}$  por segundo, para una línea de voz.

Para una conversión analógica a digital eficaz y su posterior transmisión es necesario

- Transmitir más información por unidad de tiempo que 64 Kbit/s
- El receptor tiene que discernir donde empieza un nuevo número de 8 bit, del corriente de bits transmitidos.

**Estos dos aspectos se solucionan mediante el multiplexado y el uso de bits de sincronización.**

### 1.7.1 Multiplexado

Para transmitir más información por unidad de tiempo, hay dos maneras

- Dedicar más líneas de transmisión, un canal por línea, o bien
- Transmitir a mayor velocidad por las mismas líneas disponibles

La primera es una solución poco eficaz. La segunda se resuelve mediante el multiplexado.

El Multiplexado es un procedimiento mediante el cual se reúnen o entrelazan diversas señales en otra señal de orden superior (con mayor velocidad de transmisión) con el que sea posible su transmisión por el mismo canal de forma simultánea e independientemente sin que las señales agrupadas se interfieran entre sí.

El Multiplexado puede ser por división en el tiempo TDM (Time División Multiplex), y por división de frecuencia (Frequency División Multiplex).

Para ilustrar el concepto de multiplexado, veamos un ejemplo. Supongamos que tenemos 32 canales, cada uno de ellos con una velocidad de 64 Kbit/s, que queremos transmitir. El multiplexado toma de cada una de las 32 líneas, un único byte y lo transmite uno detrás del otro. A continuación, toma el siguiente byte de cada uno de los canales y así con todos sucesivamente. Con el objeto de que se pierdan bytes, el multiplexado tiene que ser capaz de enviar todos los  $32 \cdot 8$  bits de los 32 canales sin que se manchen. Esto implica que la velocidad de salida del multiplexado tendría que ser como mínimo de  $32 \cdot 64$  Kbit/s, es decir un mínimo de 2048 Kbit/s.

Este método se llama Time División Multiplexing (TDM) porque una vía común es compartida, por asignación de intervalos periódicos de tiempo, por diferentes canales. En el ejemplo, el multiplexado asigna un intervalo de tiempo fijo, de  $1/8000$  de segundos, y lo divide entre los 32 canales por el aumento de la velocidad, de tal manera que cada byte de cada canal dispondrá de  $1/(8000 \cdot 32)$  segundos para ser enviado.

Este método puede hacerse servir para aumentar el número de canales desde los 32 a  $4 \cdot 32$  canales, y más. Cada aumento va, por descontado, acompañado por un aumento adecuado en la velocidad de la transmisión de bits de la línea.

### **1.7.2 Sincronización.**

Una vez enviados diversos canales simultáneamente por una única línea, es necesario que el receptor (demultiplexor) restaure la información asignando cada bit al canal que le corresponda.

Por eso se utilizan bits especiales en la corriente del bit, que sirven para la sincronización. Estos bits comunican al demultiplexor donde empieza un nuevo grupo de 32 bytes, de manera que sí es posible separar y repartir los siguientes bits entre los canales. No es necesaria sincronización para distinguir entre cada uno de los 32 canales.

Si se multiplexan varios grupos de 32 canales juntos, es necesario añadir más bits de sincronización para distinguir entre los diferentes grupos.

### 1.7.3 La Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

#### *Breve historia.*

A principios de la década de los 70, empezaron a instalarse los primeros sistemas de transmisión digital haciendo servir un método conocido como PCM (Pulse Code Modulation). Éste permitió representar de forma binaria, señales analógicas, como la voz humana, y mediante este método se pudo representar una señal telefónica analógica estándar de 4kHz como una corriente de bits digitales a 64 Kbit/s.

Este potencial se hizo servir para producir sistemas de transmisión más efectivos, combinando varios canales PCM, transmitiéndolos en el mismo cable que antes sólo ocupaba una única señal analógica. Por asignación de intervalos de tiempo a cada canal, se adoptó un esquema estándar de multiplexado. En Europa se adoptó la combinación de 30 canales de 64 Kbit/s, con dos canales de control de la información, dando una capacidad total de transmisión de 2048 Kbit/s (2 Mbit/s).

Conforme se van incrementando la demanda de telefonía y creciendo los niveles de tráfico, la señal estándar de 2Mbit/s fue insuficiente para soportar la carga de las redes. Con el fin de evitar la utilización de un aumento del número de líneas de 2Mbit/s, se creó un nivel de multiplexado con mayor capacidad. El estándar adoptado en Europa fue la combinación de cuatro canales de 2 Mbit/s para obtener un único canal de 8 Mbit/s.

Así como fueron creciendo las necesidades, se incorporaron nuevos niveles de multiplexado, creándose estándar para 34, y 140 Mbit/s, dando lugar a una jerarquía completa de velocidades de transmisión.

### ***Principios de operación PDH***

La jerarquía de multiplexado descrita presenta la característica de que los canales multiplexados pueden ser generados por diferentes equipos, cada uno con una ligera diferencia de sincronización. Así, antes de multiplexar los canales de 2Mbit/s, se tiene que añadir información con el fin de sincronizarlos. Esta información, en forma de bits, son los llamados "bits de justificación". Estos bits de justificación son reconocidos en el proceso de demultiplexado, y son eliminados, dejando la señal original.

Este proceso es conocido como una operación plesiócrona, del griego, significante "casi síncrona".

El mismo problema de sincronización aparece a cada nivel de la jerarquía de multiplexado, de tal manera que se tienen que añadir bits de justificación en cada etapa de multiplexado. La utilización de la operación plesiócrona a lo largo de toda la jerarquía ha originado el término "jerarquía digital plesiócrona", o PDH (del inglés Plesiochronous Digital Hierarchy)

### ***Limitaciones de la Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)***

- **Flexibilidad**

La existencia de bits de justificación a cada nivel de multiplexado, implica que para identificar la localización exacta de las tramas, y poder extraer en un nodo, de un canal de 2 Mbit/s dentro de una línea de mayor velocidad, como podría ser de 140 Mbit/s, se hace necesario demultiplexar totalmente la señal

En el caso de 140 Mbit/s, se tiene que demultiplexar los 64 componentes de 2 Mbit/s, pasando por los demultiplexados de 34 y 8 Mbit/s. Una vez identificada y extraída la línea de 2 Mbit/s tiene que volver a multiplexarse los canales a 140 Mbit/s.

Esta característica dificulta la flexibilidad de los conectionados, hace más lento el proceso e incrementa el número necesario de multiplexores y demultiplexores, con el consecuente coste de equipamientos y mantenimiento, conforme se incrementa el número de nodos y la velocidad de la línea

- **Gestión de la Red**

En una red PDH de alta capacidad con muchos nodos y equipamientos de multiplexado y demultiplexado una comunicación punto a punto ha podido viajar a través de diferentes caminos. La única manera de asegurar que siga la ruta correcta es controlar y conservar con detalle los registros de interconexión de los equipos. Conforme las actividades de reconexión en la red aumenta, se vuelve más difícil mantener los registros actualizados y la posibilidad de fallos aumenta. Estos fallos no sólo pueden afectar a la conexión establecida sino también de otras conexiones existentes con comunicaciones activas.

Otra limitación de los PDH es la tradicional falta de capacidades potentes de supervisión de comportamiento de la red. Las necesidades de disponibilidad y de supervisión de fallos en las redes, se han ido incrementando a lo largo de los años. Conforme aumenta la complejidad de la red, es necesario un mayor control de los parámetros y características de las comunicaciones. El formato de trama PDH proporciona poca información para un adecuado sistema de gestión de cada elemento en cuanto se incrementa la dimensión de la misma, comparado con las características del SDH.

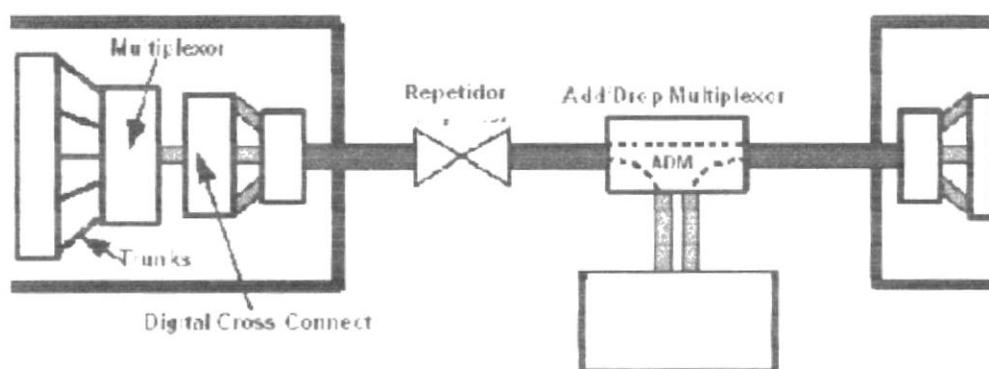
- **Funciones de Conexión Cruzada**

Es posible incorporar sistemas digitales de cross-connection a entornos PDH, incrementando su capacidad de configuración. Un sistema de cross-connection es un conjunto de "interruptores" para los canales de transmisión, de tal forma que por

control de software, pueden conectarse canales de transmisión digitales de una forma flexible.

Las conexiones cruzadas proporcionan la capacidad de re-dirigir uno o más canales de la señal transmitida sin necesidad de demultiplexar. Esto hace del cross-connection una herramienta potente a la hora de hacer cambios inmediatos de configuraciones de red. El resultado es una asignación más versátil del ancho de banda.

- **Estructura de Dispositivos Básicos de Red**



**Figura 1.11 Sistema de Conexión Cruzada Digital**

Esta imagen muestra la estructura de un sistema PDH en el que la eficacia de los multiplexores ha estado incrementada mediante un sistema de cross-connection digital. Este manipula las señales digitales multiplexadas, como si fueran conexiones individuales y es capaz de dirigirlos separadamente. Estas prestaciones pueden hacerse servir para configurar servicios dedicados punto a punto entre nodos.

Los repetidores son dispositivos intercalados a intervalos regulares de una ruta de transmisión con el objeto de restituir a su estado inicial las señales atenuadas o deformadas en el curso de su propagación. Se hacen servir en el caso de emplazamientos distantes.

Los multiplexores de extracción/inserción tienen la función de encaminar uno o más canales de comunicación para que sean llevados a un emplazamiento intermedio, mientras que los restantes canales continúan hacia un emplazamiento distante.

#### 1.7.4 La Jerarquía Digital Síncrona (SDH)

##### *Orígenes de la Jerarquía Digital síncrona*

A principios de los años 80, la comunicación digital se vuelve claramente el método más escogido para hacer crecer las redes y las fibras ópticas se vuelven una alternativa práctica. Entonces, unos cuantos métodos diferentes se hacían servir para combinar líneas E3 juntas para conseguir unas líneas con una velocidad mayor. Cuando esto empezó, se reconoció que un mayor control y un mejor acceso abastecieron un coste mayor en la estructura de la red así que la Bell Communications Research Organization crea el concepto del SONET (synchronous optical network) o red óptica síncrona. Esta red óptica síncrona estuvo diseñada para proporcionar un método de empaquetamiento para toda la información digital, que permitiría no tan solo combinar diferentes tipos de información digital, sino gestionar esta red desde una localización centralizada.

La efectividad representada por esta técnica estuvo reconocida por la World Standard Organization (ITU) la que desarrolló la SONET en una mayor extensión, que fue nombrada Jerarquía Digital Síncrona o SDH (Synchronous Digital Hierarchy). Estos dos estándares juntos formaron una nueva forma de acceso global para las comunicaciones digitales por fibra óptica, que se ha extendido rápidamente por todo el mundo. La estructura SDH permite manipular de forma efectiva todo tipo de comunicaciones con una estructura gestionable que proporciona otras prestaciones y un estadio de redes de un cierto nivel de complejidad.

De esta manera, SDH sobre PDH tiene las ventajas de.

- Permitir mayor velocidad de transmisión

- Poder extraer circuitos individuales desde los sistemas de alta capacidad sin tener que demultiplexar el sistema entero
- Mejoras en la capacidad de gestión de la red

### Principios de la Jerarquía Digital Síncrona

La siguiente figura muestra la estructuración de la jerarquía multiplexada síncrona SDH

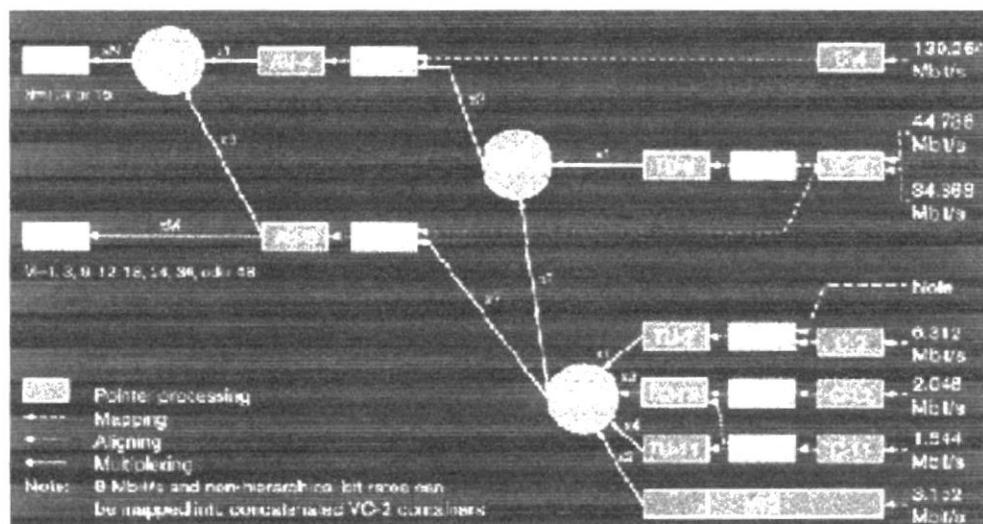


Figura 1.12 Principio de funcionamiento de la Jerarquía Digital síncrona (SDH)

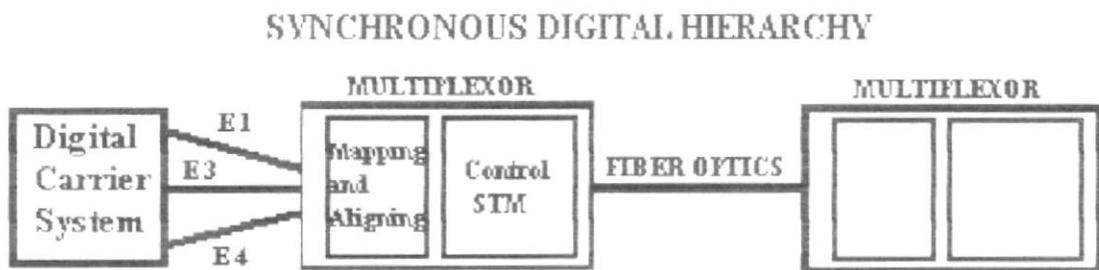
La jerarquía SDH define un cierto número de "contenedores", cada uno de ellos correspondiente a una velocidad plesiócrona existente. La información de una señal plesiócrona se agrupa se empaqueta en contenedores. La forma en que se realiza esta operación es similar a la forma en que se hace en un multiplexor plesiócrono convencional. En cada contenedor se asocia una zona de bytes de información de control, que se adjuntan al resto de la información. Este conjunto de bytes de control es el que permite la supervisión del paquete de información. El contenedor y los bytes de control forman los llamados "contenedores virtuales"

En una red síncrona, todo el equipo es sincronizado por un reloj global de la red

Ahora bien, los atrasos asociados a un enlace de transmisión pueden variar ligeramente con el tiempo, y como consecuencia, la localización de contenedores virtuales en una trama STM podría no ser fija. Estas variaciones se ajustan asignando un puntero en cada contenedor virtual. El puntero indica la posición del inicio del contenedor virtual en una trama STM.

El estándar G 709 define diferentes combinaciones de contenedores virtuales, que se pueden utilizar para llenar el espacio disponible en una trama STM. El proceso de carga de contenedores, y el añadido de bytes de control se repite en diferentes niveles de la SDH, de tal forma que podemos tener contenedores virtuales pequeños empaquetados dentro de contenedores virtuales más grandes. Este proceso se repite hasta llenar la medida más grande de contenedores virtuales (en Europa, conocida como VC-4). Una vez lleno, entonces este último contenedor virtual es cargado en la trama STM. Cuando el área de carga de la trama STM está llena, entonces se añaden más bytes de control a la trama, para formar la "sección de control". Estos últimos bytes de control se quedan con la trama durante su recorrido entre dos multiplexores síncronos. Su propósito es poder proporcionar a los canales de comunicación funciones de supervisión y control.

### ***Estructura de la Red SDH***



***Figura 1.13 Estructura de la Red SDH***

La arquitectura básica SDH presenta dos diferencias claves respecto a la arquitectura de los sistemas PDH. En primer lugar, los sistemas SDH casi siempre utilizan fibras ópticas para la transmisión, y en segundo lugar, siempre trabajan con sincronismo (es decir que estos sistemas tienen una base de tiempo fija)

Los sistemas SDH permiten la carga sin problemas de señales PDH, permiten las variaciones temporales características de los PDH. Esta carga se realiza al multiplexor mediante dispositivos que llevan a cabo funciones conocidas como "mapping" y "aligning". El mapping convierte las señales no síncronas al formato necesario para su carga a un enlace SDH y el aligning asegura que cuando llegue a su destino saldrá exactamente a la misma velocidad que entró

### **1.7.5 Ventajas de las redes síncronas**

La transmisión síncrona sobrepasa las limitaciones de una red plesiócrona y permite la evolución de la red para acomodarse a las nuevas y crecientes demandas de los usuarios

Sus principales ventajas son:

#### ***Simplificación de la Red***

Un único multiplexor síncrono puede hacer la función de una "montaña de multiplexores síncronos", llevando a una reducción importante en la cantidad de equipos de la red

La reducción de equipos comporta a su vez ahorros en la explotación de la red debido a

- Una reducción del inventario de recambios
- Simplificación del mantenimiento
- Reducción de espacio requerido por el equipo

- Menor consumo de energía

Se obtiene un mejor aprovechamiento del ancho de banda, debido a las mejores capacidades de supervisión y gestión de la red, y a las características más avanzadas de dispositivos "extracción/inserción", permitiendo el envío de más información al optimizar el uso de la red.

### ***Mayor disponibilidad***

Las capacidades de supervisión y gestión de redes SDH permiten la identificación inmediata de fallos de nodos, enlaces, fibras y otros dispositivos. Así los trabajos de mantenimiento pueden ser dirigidos de forma rápida y eficaz para la resolución efectiva de problemas.

Mediante el uso de arquitecturas en anillo adecuados, la red puede ser reconfigurada automáticamente, y el tráfico instantáneo ser reencaminado hasta que se repare el fallo.

De esta manera los fallos de la red pueden ser totalmente transparentes a los usuarios, y los servicios no se verán afectados, permitiendo unos altos niveles de disponibilidad de la red.

### ***Gestión remota de la Red***

La estructura de la trama SDH provisiona canales de gestión de red, de tal manera que una red síncrona puede ser totalmente controlable por sistemas informáticos. Los sistemas de gestión de redes digitales síncronas pueden llevar a cabo no tan sólo las tradicionales funciones de gestión de alarmas de red, sino también funciones como son supervisión de rendimientos, gestión de configuraciones, gestión de recursos, seguridad de red, gestión de históricos de funcionamientos de dispositivos y diseño y planificación de la red.

La posibilidad de realizar un mantenimiento preventivo y correctivo centralizado reduce el tiempo del personal de mantenimiento en la identificación de problemas y los desplazamientos para la localización de averías, con los consiguientes ahorros económicos.

### ***Ancho de Banda sobre Demanda***

En una red síncrona será posible realizar un reparto dinámico de la capacidad de la red según las demandas de los diferentes servicios o usuarios, permitiendo así responder a demandas puntuales de elevada transmisión de información.

### ***Compatibilidad con Servicios Futuros***

El SDH ofrece una inversión segura respecto a equipos debido a que es la base sobre la que se sustenta la próxima generación de redes de telecomunicaciones, la Broadband ISDN (B-ISDN).

### ***Estandarización***

Las definiciones de estándar para SDH, a nivel lógico y hasta el nivel físicos de interfaces, implican que equipos de transmisión de diferentes fabricantes pueden, por primera vez, interactuar al mismo enlace.

Esta estandarización en SDH implica que los operadores de redes de equipos tienen la posibilidad de escoger equipos de diferentes fabricantes, evitando los problemas tradicionalmente asociados con las soluciones propietarias de un único suministrador.

La velocidad de bits entrantes a la Central y la velocidad del reloj de la Central han de tener el mismo valor medio a largo plazo, de otra forma la transmisión a través de la Central se distorsiona si:

- a) bits almacenados en el Buffer no han sido conmutados antes de hayan llegado los nuevos bits (velocidad entrante es mayor que la saliente), ó si
- b) bits almacenados en el buffer han sido conmutados dos veces antes de que los nuevos bits hayan llegado (la velocidad entrante es menor que la saliente).

En ambos casos ocurren tipos similares de distorsión en el pasaje a través de la Central. Estas distorsiones reciben el nombre de deslizamientos.

## **CAPITULO II**

### **DESCRIPCION DE LA RED EXISTENTE**

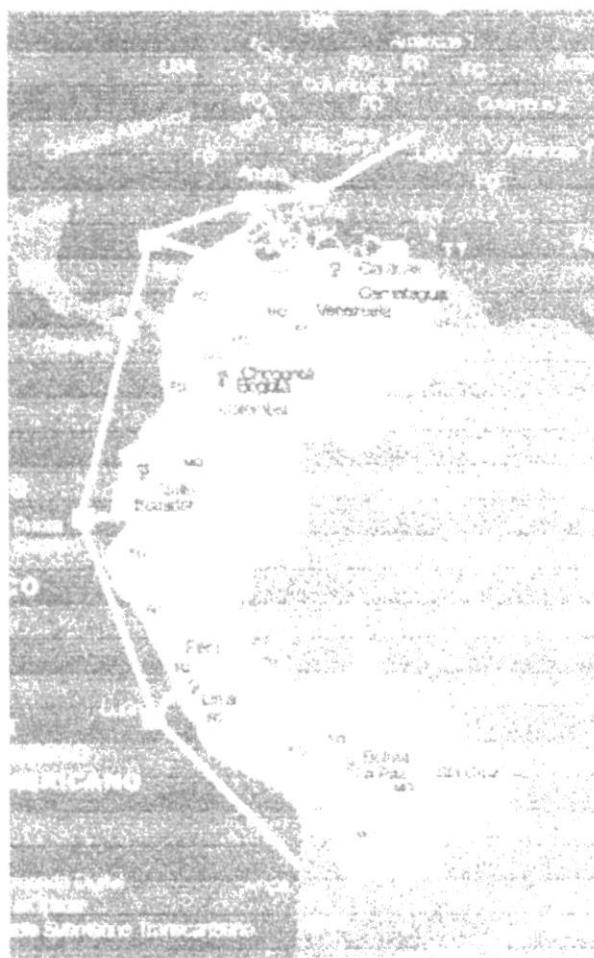
## DESCRIPCION DE LA RED EXISTENTE

### 2.1 INTRODUCCION

El Corredor Andino Digital es la autopista que integra las telecomunicaciones en la subregión andina (Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). Este proceso se inició en 1994 con el Plan Maestro del Sistema Andino de Telecomunicaciones coordinado por ASETA (Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Acuerdo Subregional Andino), la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y Empresas miembros de ASETA. CANTV (Venezuela), TELECOM (Colombia), PACIFICTEL (Ecuador), Telefónica (Perú) y ENTEL (Bolivia)

El plan maestro fue planificado bajo consideraciones como: Diagnóstico de la situación de las telecomunicaciones en la subregión, estudios de demanda y tráfico, diseño de la estructura y dimensionamiento de la red, análisis de los aspectos operacionales y comerciales, consideraciones de tipo tecnológico, desarrollo de nuevos servicios, desarrollo del recurso humano, evaluación económica financiera, definición de objetivos y determinación de prioridades.

El corredor andino incluye rutas terrestres, satelitales y submarinas, interconectando totalmente y en forma digital a los cinco países de la subregión y a esta con el resto del mundo.



**Figura 2.1 Corredor Andino Digital: Rutas Terrestres, Satelitales y Submarinas**

Las rutas terrestres se soportan en los sistemas de transmisión de las redes nacionales, interconectados en las fronteras, mediante enlaces de microondas y/o fibra óptica

Las rutas satelitales utilizan las estaciones terrenas existentes en cada país, interconectadas por un sistema abierto que aplica la técnica IDR – DCME multidedestino, optimizando el uso del segmento espacial, con ahorros considerables para cada Empresa, en comparación con los sistemas punto a punto convencionales.

Las rutas submarinas se soportan en los cables de fibra óptica en servicio, en vía de instalación y en proyecto, tanto en el Atlántico como en el Pacífico y que incluyen puntos de amarre e interconexiones con los países del Grupo Andino. Se desarrollan planes para la introducción de centros con tecnología ATM, que permitan el manejo de información de voz, datos e imagen.

**Figura 2.2 Enlaces Terrestres – Corredor Andino Digital**



## **Estandarización**

Las empresas miembros y los entes reguladores están trabajando en la elaboración de Normas andinas que aseguren la interoperabilidad de los sistemas y la introducción de nuevos servicios. Entre ellas se tiene la norma andina para el uso de Señalización CCITT N - 7, la norma andina para sistemas SDH y la norma andina para RDSI. Las normas se basan principalmente en las recomendaciones de la UIT y del ETSI. ASETA, como asesor del Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones (CAATEL), viene presentando como iniciativas estos proyectos de normas andinas, para su adopción como normas comunitarias

En la figura 2.3 se puede apreciar la configuración general de la red telefónica nacional

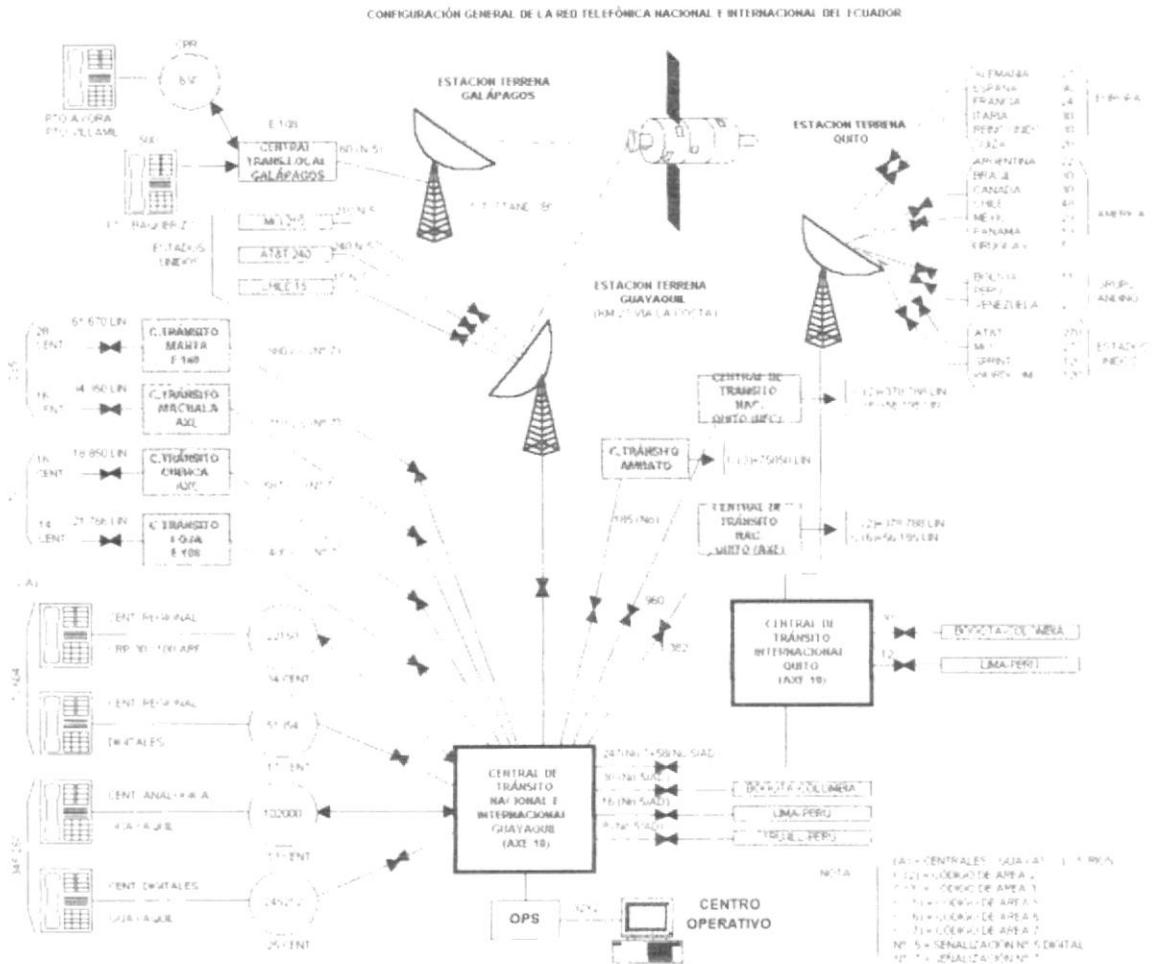


Figura 2.3 Configuración de la red telefónica nacional

## 2.2 DESCRIPCION DE LAS CENTRALES TELEFONICAS MÁS IMPORTANTES EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA - HUAQUILLAS

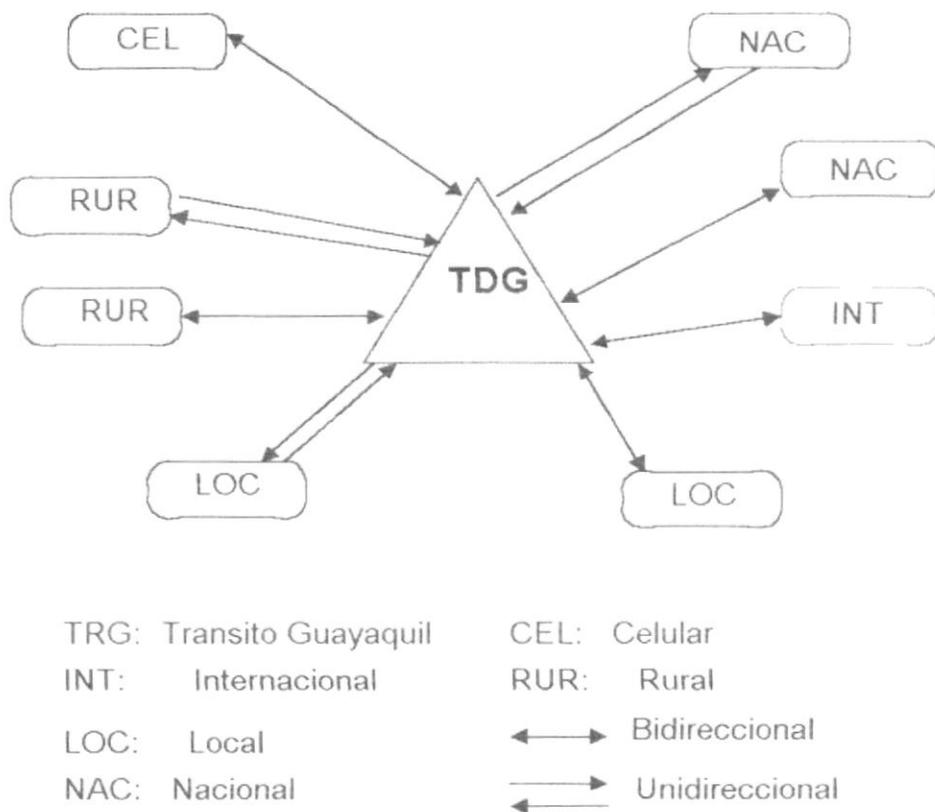
Actualmente la Interconexión entre las Centrales de Tránsito de Guayaquil y Machala se la realiza por medio de Enlace de Microondas Digitales (empleando para ello la Técnica PDH Jerarquía Digital Plesiócrona en el Tercer Nivel: 140 Mb/s). La conexión entre la Central de Transito de Machala y la Central Huaquillas está dada por un enlace de Radio Analógico. Se ha implementado ya la Interconexión del tramo Huaquillas -Túmbez para lo cual se utiliza Fibra Optica a 2.5 Gb/s y MUX SDH para obtener una trama de STM-16 pero este tramo no esta ofreciendo servicio.

### **Centrales de Tránsito**

#### ***Central de Tránsito Guayaquil***

Ubicada en la zona céntrica de Guayaquil en el edificio del Correo en Chile y Clemente Ballén es utilizada para Tráfico Rural, Local, Nacional e Internacional.

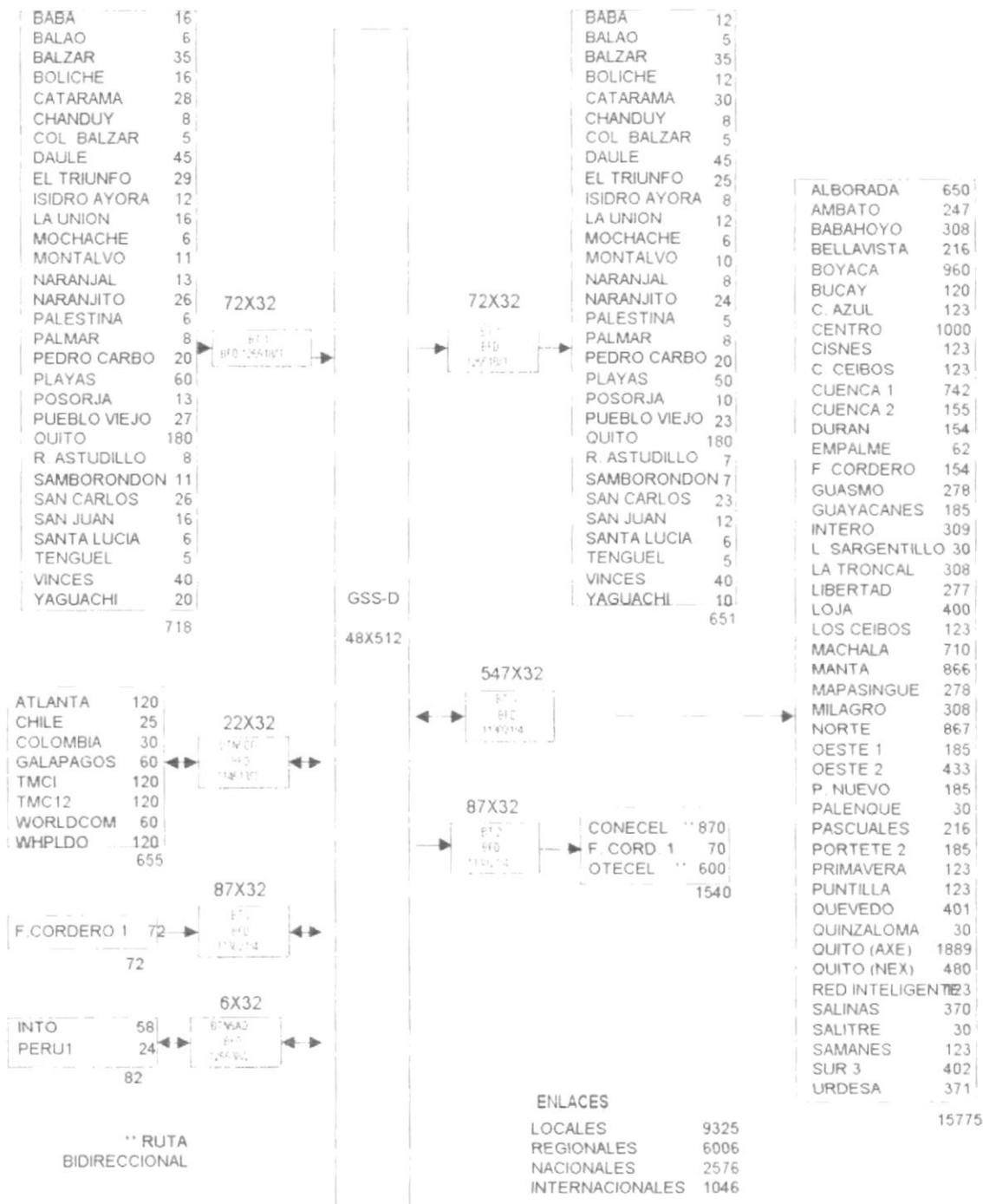
La comunicación se establece a través de troncales analógicas (entrantes/salientes) y digitales bidireccionales siendo estas rurales, locales, nacionales, internacionales y con operadores celulares. A continuación se ilustra en el siguiente gráfico.



**Figura 2.4 Tipos de Tráfico cursado por la Central de Tránsito de Guayaquil**

La Central Tránsito Guayaquil tiene destinados 960 canales para el enlace con Machala, de los cuales 710 están ya instalados.

### CENTRAL TRANSITO INTERNACIONAL GUAYAQUIL



**Figura 2.5 Central de Tránsito Internacional de Guayaquil**

**Central de Tránsito Machala**

Ubicada en el edificio Machala 9 de Octubre entre la Avenida las Palmeras y Vela, es utilizada para tráfico rural, local y nacional. La interconexión entre las centrales para establecer la comunicación la realiza a través de troncales analógicas (entrantes/salientes) y digitales (bidireccionales). A continuación se muestra la Central de Tránsito Machala.



**Figura 2.6 Central de Tránsito Machala**

### **Central Local Huaquillas**

Ubicada en el Cantón Huaquillas en la avenida La República y Portovelo, es una Central Local analógica que tiene destinado 120 canales de voz.

## **2.3 DESCRIPCION DEL TRAYECTO INTERCENTRAL ACTUAL EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA**

Las características del trayecto de la red existente entre la Central Tránsito Guayaquil y la Central Tránsito Machala se muestra en la figura 2.7.

Luego el trayecto desde la Central Tránsito Machala hacia la Central Local Huaquillas como muestra la figura 2.8.

Además para nuestro proyecto también necesitamos el tráfico existente entre la Central Tránsito Guayaquil y Perú, el cual está enrutado como indica la figura 2.9: Central de Tránsito Guayaquil, Central de Tránsito Machala y de esta hasta Tumbes por medio de una repetidora localizada en Reppen, la cual cuenta con un Radio analógico. Para este enlace están destinados 60 canales de los cuales sólo 24 están instalados para el manejo de circuito. A continuación se muestra el trayecto.

También existe la interconexión Terrestre Huaquillas - Tumbes como parte del Corredor Andino Digital, pero no ofrece servicio en los actuales momentos. (Figura 2.9).

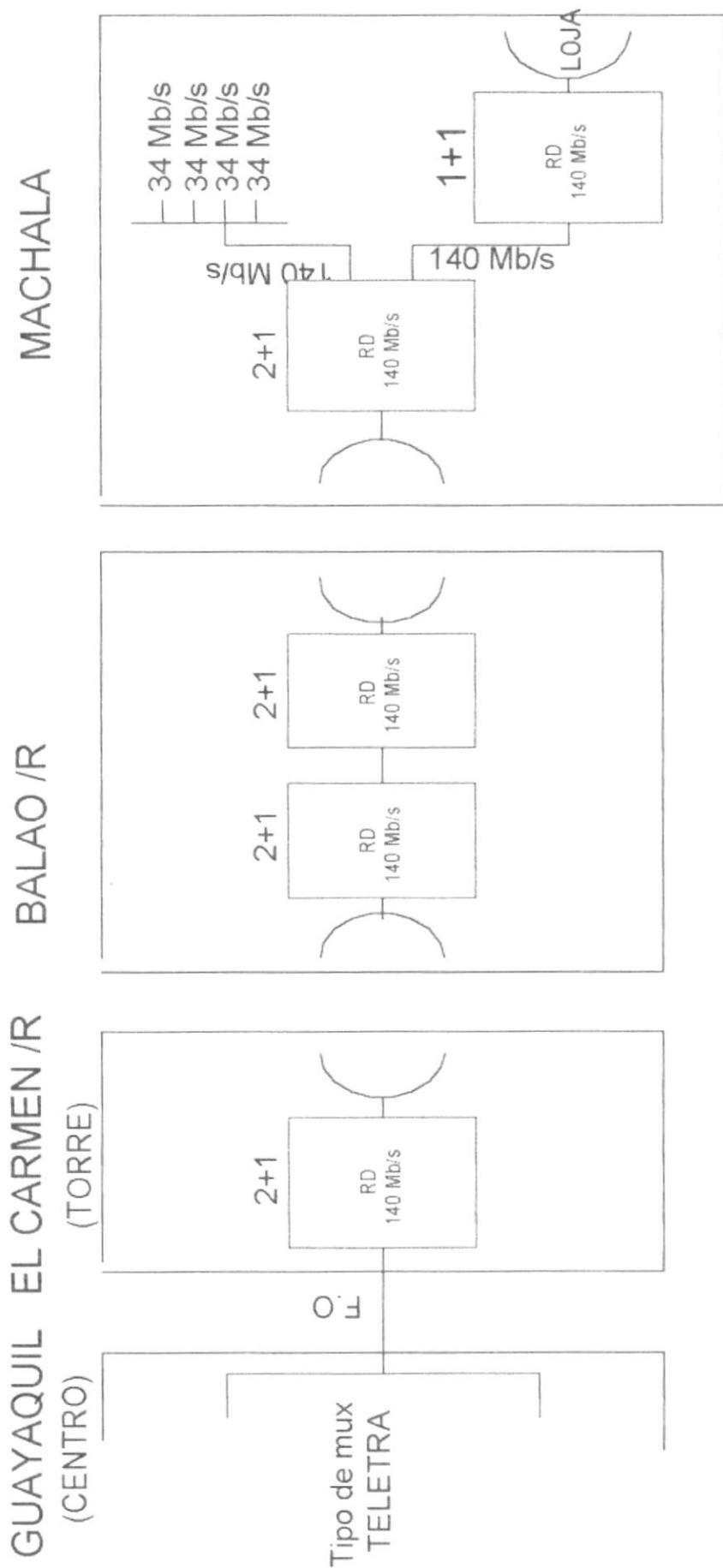
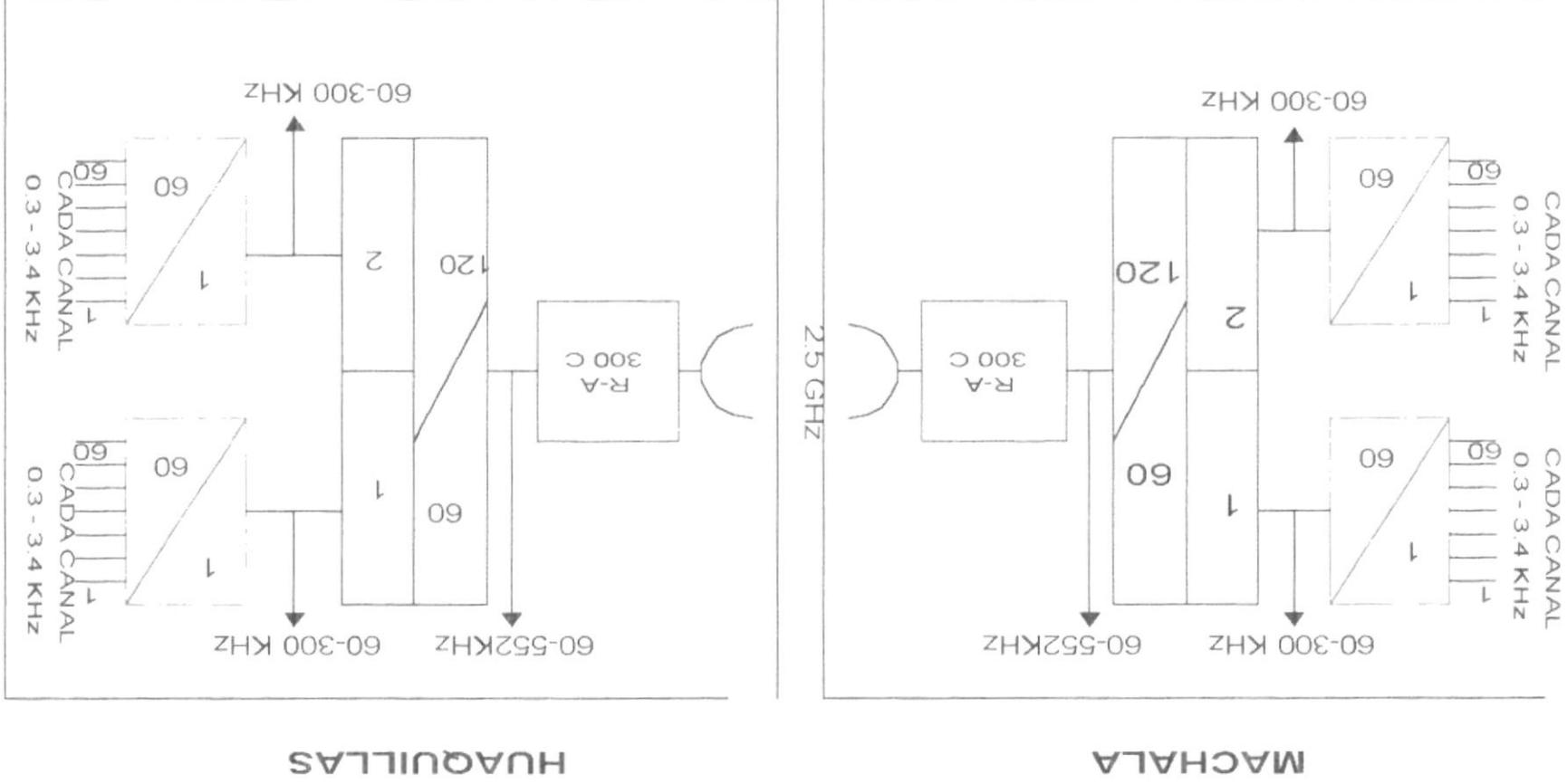


Figura 2.7 Centrales intervinientes en la Ruta Guayaquil – Machala (red actual)

Figura 2.8 Conexión actual Machala – Huaquillas



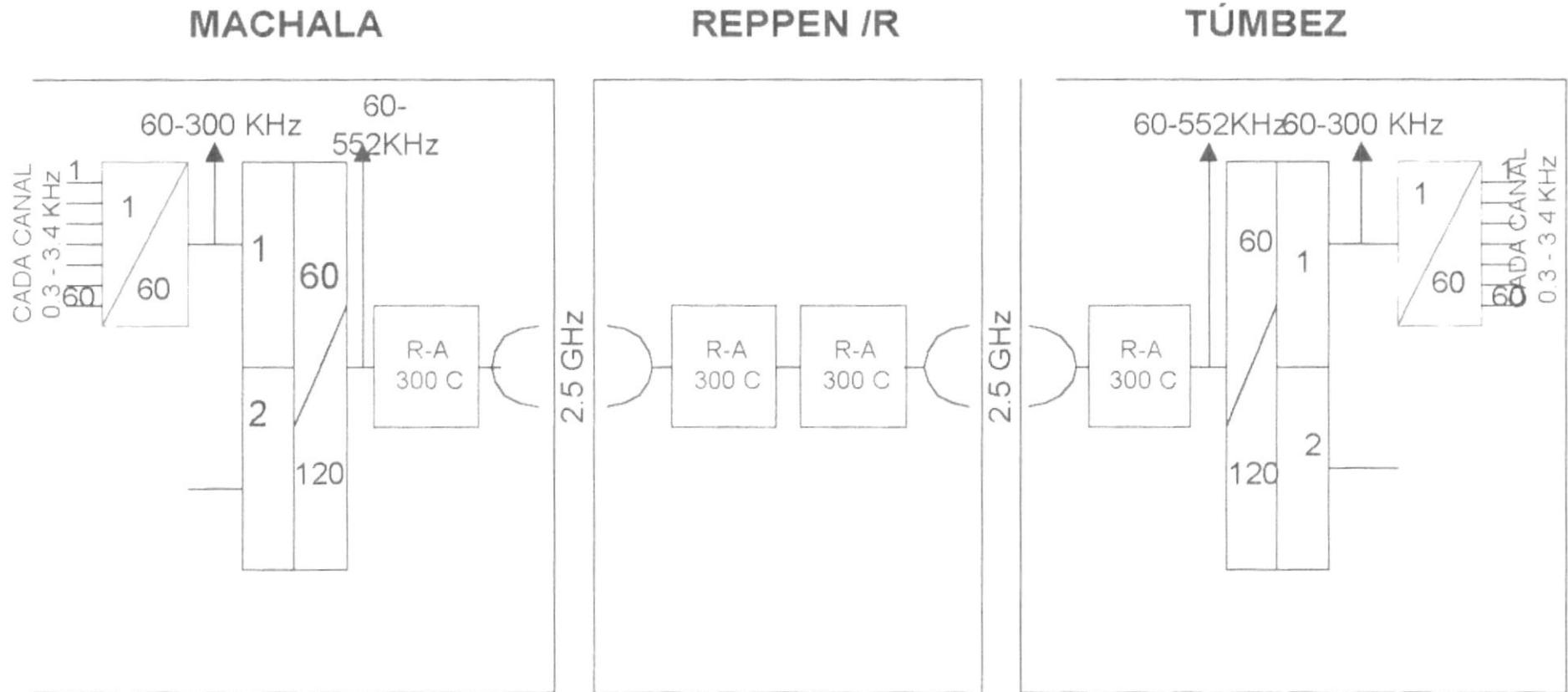
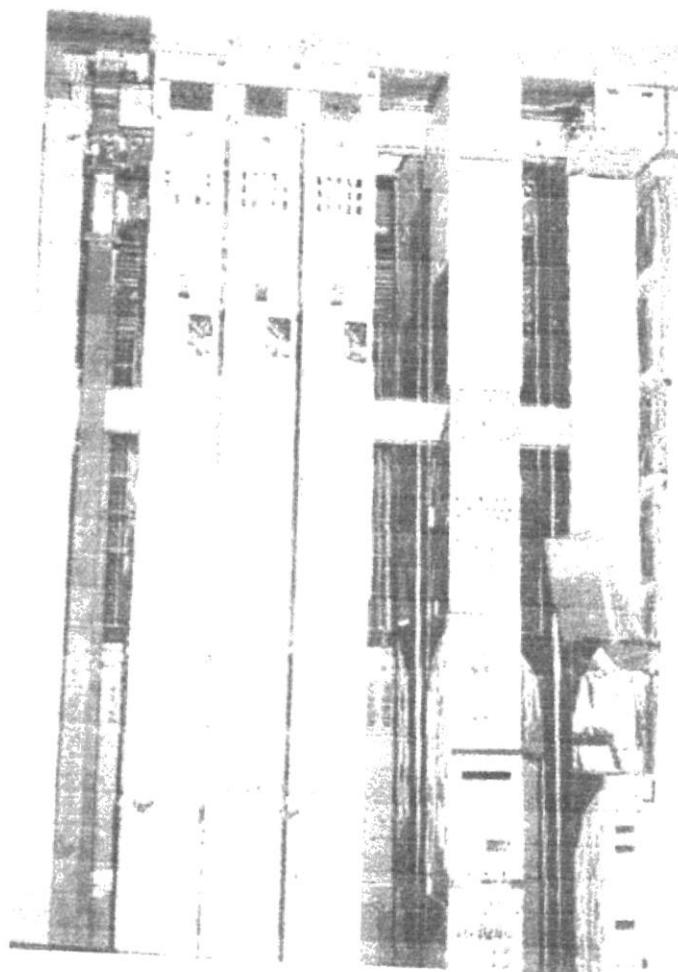
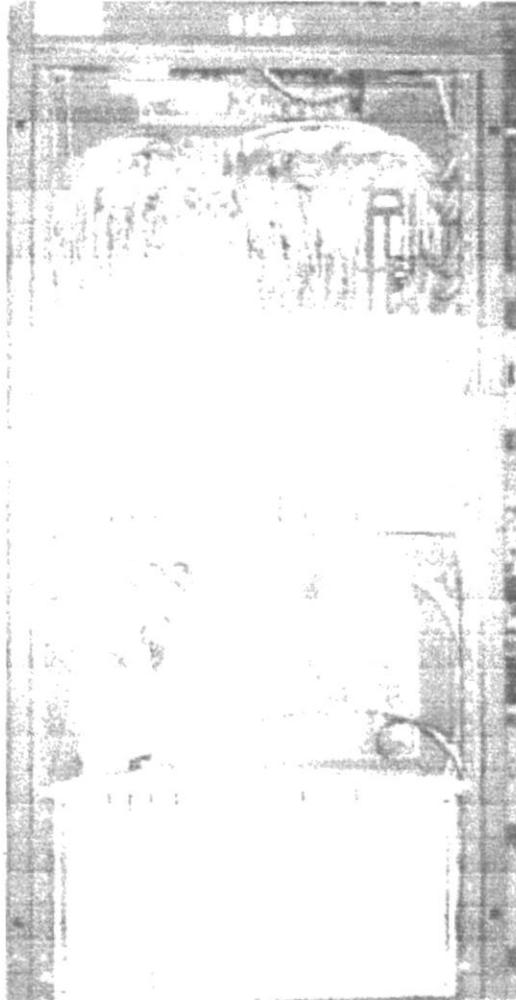


Figura 2.9 Trayecto Machala – Tumbéz para el enrutamiento de Trafico entre Guayaquil y Perú



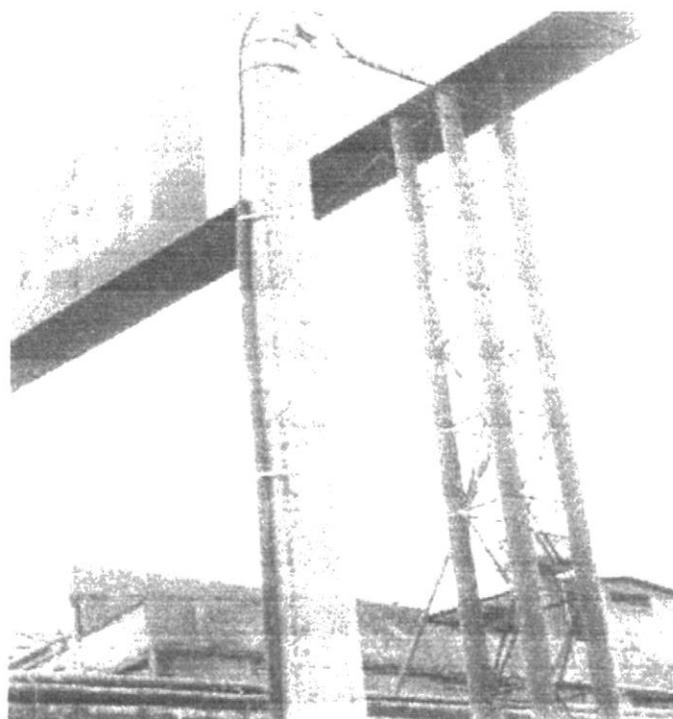
*Figura 2.10 Equipo de radio digital CT Machala*



*2.11 Equipo multiplexor digital CT Machala*

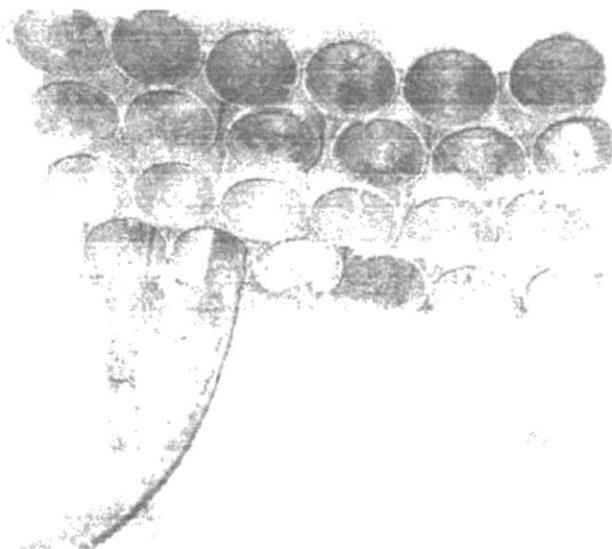
## 2.4 DESCRIPCION DEL ENLACE HUAQUILLAS – TÚMBEZ POR MEDIO DE CABLE DE FIBRA OPTICA

Actualmente en el Enlace Huaquillas Tumbéz se halla instalado un sistema terminal de fibra óptica SL - 16 para la interconexión entre el Equipo STM - 1 del lado ecuatoriano con el STM - 16 de la contraparte peruana

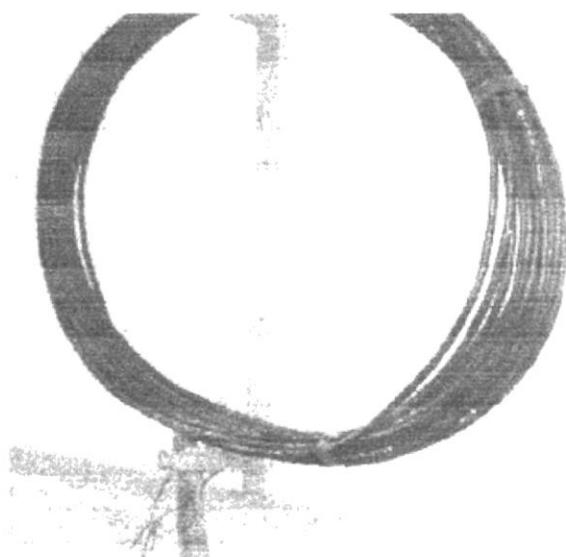


**Figura 2.12 Cable de fibra óptica – Tendido aéreo Huaquillas/Tumbéz**

El SL-16 garantiza que el tráfico, a una velocidad de 2.5 Gb/s, será establecido con el terminal del lado peruano. Como parte del terminal óptico se tiene además un distribuidor óptico. Dicho terminal óptico cumple con todos los estándares internacionales propuestos por la ITU-T aplicables para estos casos y por tanto se garantiza la interconexión con terminales en el lado peruano siempre que estos también cumplan con los mencionados estándares.



*Figura 2.13 Acometida del cable de fibra óptica a la central nueva de Huaquillas*



*Figura 2.14 Reserva de la acometida de la figura anterior*

Mediante este equipo terminal se logra disponer en la estación de Huaquillas de los tributarios STM-1 requeridos para luego extraer los canales de 2 Mb/s que finalmente serán los portadores del tráfico telefónico .

El sistema se compone de un terminal SL-16 en configuración 1+1 que dispone de 16 tributarios STM-1 uno de los cuales será conectado a un multiplexor ADM del tipo SMA-1 que hará el paso de extracción de los tributarios de 2 Mb/s .

El MUX ADM también incluye una tarjeta que provee un tributario de 34 Mb/s. Además el MUX ADM tiene la facilidad de instalar posteriormente una interface STM-4 para transmitir tráfico en una interconexión de fibra óptica futura

En el gráfico siguiente se detalla la configuración existente:



**Figura 2.15 Interconexión digital terrestre en la frontera Ecuador - Perú**

## **Descripción del Equipo utilizado en la frontera Ecuador – Perú**

### ***Terminal de línea SL-16***

El equipo de línea sincrónico SL-16, transmite 16 señales digitales sincrónicas a 155 520 Mb/s (STM-1) de acuerdo con las recomendaciones del ITU-T. G.703, G.707, G.708, G.709. Las señales son transmitidas sobre una fibra óptica monomodo en la 2da o 3era Ventana. La señal óptica es estructurada como una trama STM-16 a una velocidad de 2.5 Gb/s.

La configuración del equipo puede ser 1+0 o 1+1 a nivel de protección de la línea. Los interfases tributarios pueden configurarse con STM-1 eléctricos u ópticos ó 140 Mb/s eléctricos.

Los conceptos del monitoreo que se aplican están de acuerdo con el ITU-T G.781 a G.784. Se registran estados de falla y alarmas que son mostradas localmente sobre un monitor remoto y panel de control o sobre un terminal de operaciones que puede ser conectado vía interfase serial V.24/RS-232-C. El terminal óptico viene con un software de operaciones bajo Windows 95 para el monitoreo.

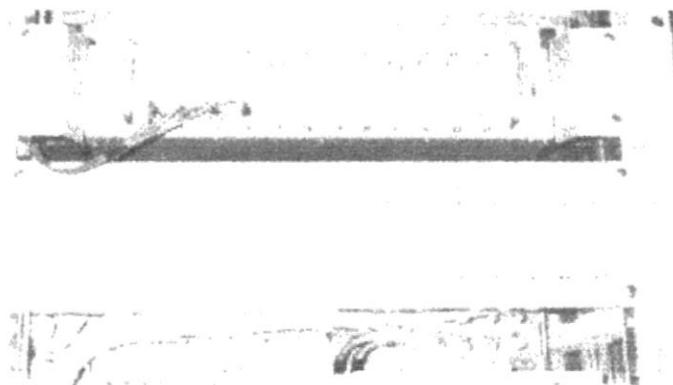
### ***Multiplex Add / Drop SMA-1***

A fin de obtener los tributarios de 34 Mb/s y 2 Mb/s requeridos se instalará un MUX SDH de la familia SMA que permite la operación de esta función.

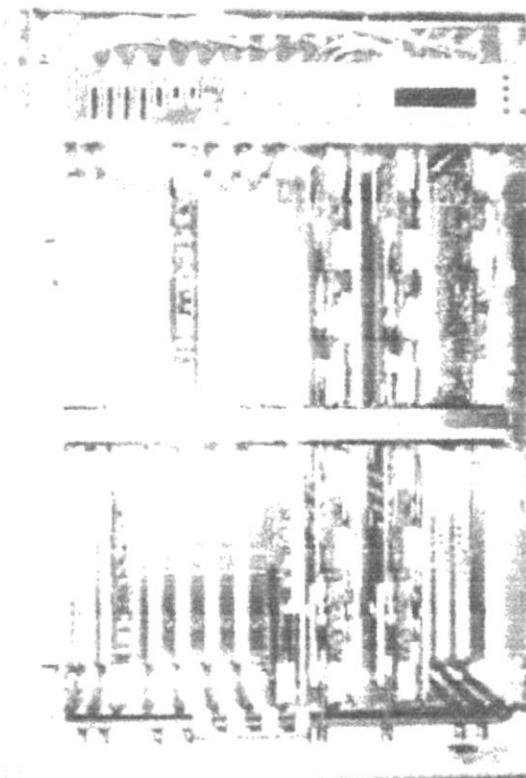
El MUX dispone de una matriz inteligente que permite la extracción / inserción de las mencionadas señales. La capacidad máxima del MUX es de 63 puertos de 2 Mb/s que vienen organizados en tarjetas de 16 tributarios de 2 Mb/s. Las tarjetas de tributarios de 2 Mb/s pueden coexistir con la de tributarios de 34 Mb/s organizados en tarjetas de 3x34 Mb/s.

El MUX está diseñado para aceptar una tarjeta de línea óptica para operar a una velocidad de STM-4 óptica en configuración no protegida.

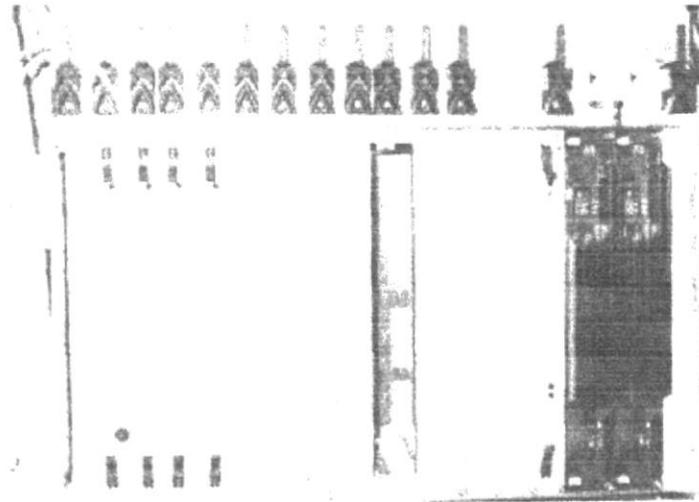
Alternativamente puede instalarse una segunda interfase de línea STM-1 para operar en funciones add/ drop.



**Figura 2.16** Caja de distribución de fibra óptica



**Figura 2.17** Conversor Eléctrico/Optico – Optico/Eléctrico



**Figura 2.18 Multiplexor digital SDH**

### **Gestión**

Tanto el terminal de línea SL-16 como el MUX Add/Drop SMA-1 pueden ser gestionados con dos alternativas. La primera es una gestión local mediante una interfase de tipo F conectada a un puerto serial de un PC para el caso del SL-16 al igual que para el SMA-1.

Para el monitoreo de los equipos se instalará un PC que tenga las siguientes características:

Microprocesador	Pentium o superior
RAM	16 Mbytes
Hard Disk	1 Gbytes
Sistema Operativo	Windows 95
Puerto Serial	Dos RS23 (Conexión SMA y SLA)
Puerto Paralelo	Uno

La segunda opción es mediante un sistema centralizado TMN (Redes TMN) conocido EM-OS

Debido al nivel de gestión elevado que presenta el EM-OS no ha sido instalado ya que no se justifica para un solo terminal y un ADM

## 2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS ACTUALMENTE EN LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA

**Tabla 2.1 CARACTERÍSTICAS DE CENTRALES**

NOMBRE	TIPO	TECNOLOGÍA	MODELO	TRÁFICO
CENTRAL DE TRÁNSITO CENTRO GUAYAQUIL	DIGITAL	ERICSSON	AXE - 10	LOCAL NACIONAL INTERNACIONAL
CENTRAL DE TRÁNSITO MACHALA	DIGITAL	ERICSSON	AXE - 10	LOCAL NACIONAL
CENTRAL HUAQUILLAS	ANALÓGICA	ERICSSON	ARF - 102	LOCAL

**Tabla 2.2 RADIOS Y MULTIPLEX SHF**

ENLACES	MARCA	MODELO	Mb/s	NÚMERO DE CANALES
T CARMEN - BALAO	SIEMENS	CTR 190/8	(4X34) 140	1920
T. CARMEN - BALAO	SIEMENS	140HT6L/64	140	1920
BALAO - MACHALA	SIEMENS	CTR190/8	(4X34) 140	1920
BALAO - MACHALA	SIEMENS	140HT6L/64	140	1920
MACHALA - PASAJE	SIEMENS	CTR190	34	480
MACHALA - REPPEN	SIEMENS	CTR190	2X34	960
MACHALA - PONCE ENRIQUEZ	ALCATEL	CTR190	2	30
MACHALA - TENDALES	ALCATEL	CTR190	2	30
MACHALA - LA VICTORIA	ALCATEL	CTR190	2	30
MACHALA - UZCURRUMI	ALCATEL	CTR190	2	30
MACHALA - STA ROSA	ERICSSON	MINI LINK	2X8	240
MACHALA - BELLAVISTA	ALCATEL	CTR 190	2	30
MACHALA - STA. ROSA (IV FASE)	ALCATEL	2 - R2L/4	2	30

**Tabla 2.3 SISTEMAS MÚLTIPLEX - DISTRIBUCIÓN DE CANALES ANALÓGICOS**

ENLACE	EQUIPO		CAPACIDAD DE CANALES			
	MARCA	MODELO	INSTALADOS	SERVICIOS	LIBRES	TOTAL
MACHALA - HUACUILLO	ERICSSON	M4	40	40		40
MACHALA - HUACUILLO	ERICSSON	M4	40	40		40

**Tabla 2.4 DISTRIBUCIÓN DE CANALES DE RADIO Y MULTIPLEX SHF ANALÓGICOS**

ENLACE	EQUIPO DE RADIO			MULTIPLEX		
	MARCA	MODELO	N. MFA (x) / Capacidad	MARCA	MODELO	N. MFA (x) / Capacidad
HUACUILLO - T. CARMEN	TELETRIA	HA 2L	400			
HUACUILLO - T. CARMEN	TELETRIA	EM 405	4			
T. CARMEN - SALADO	TELETRIA	HA 2L	400			
T. CARMEN - SALADO	TELETRIA	EM 405	4			
BALAO - MACHALA	ERICSSON	EM 405	40	ERICSSON	M4	40
MACHALA - STA. ROSA	TELETRIA	HA 2L	400	ERICSSON	M5	120
MACHALA - HUACUILLO	ERICSSON	EM 405	40	ERICSSON	M4	40

**Figura 2.19 Enlace de radio Machala - Huaquillas**

## **CAPITULO III**

# **DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA**

## DISEÑO DE LA RED DE FIBRA OPTICA

### 3.1 TOPOLOGIA DE LA RED

Los diversos requisitos y aplicaciones de la red de transporte SDH y la flexibilidad que sus elementos nos ofrecen, dan lugar a dos tipos de topologías de red:

- Topología tipo bus
- Topología tipo anillo

#### Topología tipo Bus

En la figura 3.1 se puede apreciar un esquema básico de la topología tipo Bus



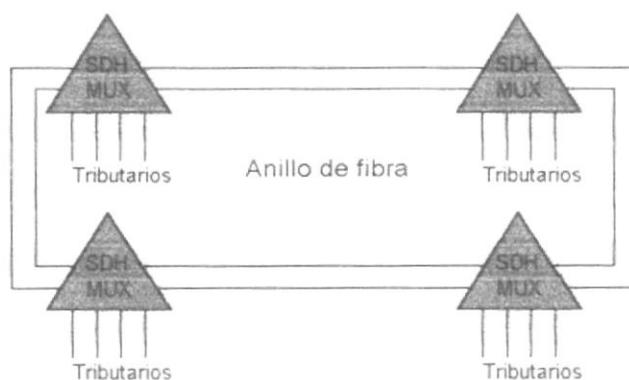
**Figura 3.1 Topología tipo bus**

En esta configuración el tráfico es transportado por una sucesión de nodos interconectados, y los servicios (voz, datos, videos) pueden ser añadidos o extraídos en cualquier nodo de la cadena. Los dos nodos finales son llamados nodos terminales o terminales de línea. Los nodos intermedios pueden estar constituidos por equipos ADM o nodos regeneradores.

Para este tipo de topología se tiene la protección del tipo MSP 1+1 en la cual se duplican las unidades ópticas de transmisión y de recepción, a fin de ofrecer protección en caso de falla de una de ellas.

### Topología tipo Anillo

La topología de anillo da como resultado una estructura de red de elevada confiabilidad, puesto que en caso de suscitarse un falla en los equipos o cables, la red puede reconfigurarse manteniendo la continuidad del servicio. En la siguiente figura, podemos ver una configuración típica para este tipo de topología.



**Figura 3.2 Topología tipo anillo**

Se definen dos tipos principales de arquitectura tipo anillo:

- Anillo de protección dedicada o unidireccional
- Anillo de protección bidireccional

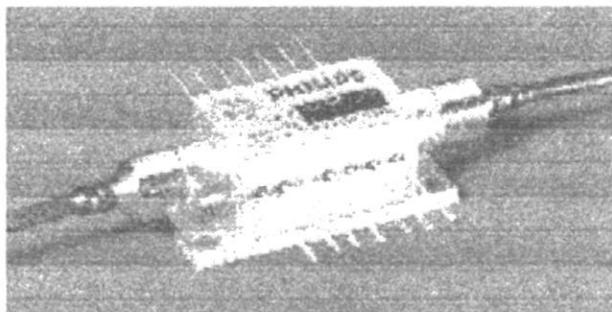
En el anillo de protección unidireccional el tráfico se encamina en ambas direcciones y utiliza un mecanismo de protección por conmutación para seleccionar la señal alterna en el extremo de recepción en detectarse una falla. Este tipo de configuración es usado principalmente en redes de acceso de abonados.

El anillo de protección bidireccional utiliza (a más del mecanismo de protección mencionado anteriormente), dos trayectorias paralelas de transporte: Una activa y otra de reserva. La información se transmite a través de la trayectoria activa y en caso de suscitarse alguna falla, entra en funcionamiento la vía alterna. Esta configuración se utiliza principalmente en aplicaciones de red metropolitana.

La red que se plantea para nuestro proyecto puede ser considerada mixta o sea una combinación de la topología tipo bus con la topología tipo anillo. Más adelante mencionaremos de que manera vamos a realizar nuestro diseño pero antes describiremos las características técnicas y los tipos de tendido del cable de fibra óptica

### **3.2 CARACTERISTICAS DEL CABLE DE FIBRA OPTICA**

Existen varias consideraciones que se deben tomar en cuenta al elegir el cable de fibra óptica para los enlaces de nuestra red. En los sistemas SDH se admiten cables de fibra óptica monomodo conformes a diversas Recomendaciones. La Recomendación G.652 trata de las fibras monomodo normalizadas, la Recomendación G.653 de las fibras con dispersión desplazada y la Recomendación G.654 de las fibras con pérdida minimizada. Los aspectos de atenuación y dispersión son de particular interés para la Recomendación G.957. Las regiones de longitud de onda se encuentran alrededor de 1310 nm para las fibras conformes a la Recomendación G.652 y alrededor de 1550 nm para las fibras conformes a las Recomendaciones G.652, G.653 y G.654. En estas regiones, las gamas de longitud de onda vienen definidas en primer lugar por las longitudes de onda de corte y por los requisitos de longitud y atenuación del sistema. Las gamas de longitudes de onda se especifican en la Recomendación G.957 para cada aplicación. Estas fibras pueden utilizarse con diversos transmisores: láseres de modo unilongitudinal, láseres de modo multilongitudinal y diodos fotoemisores; en la figura 3.3 se presenta un diodo emisor láser.



*Figura 3.3 Diodo emisor láser*

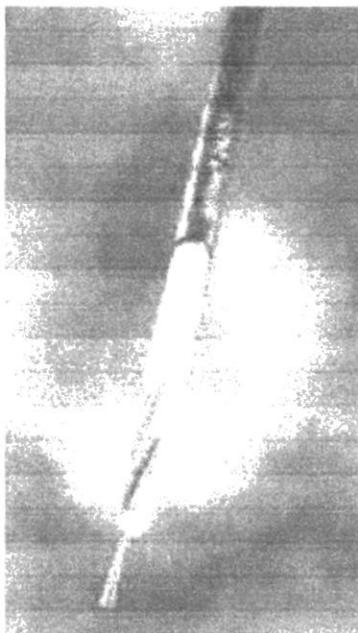
En resumen, los principales parámetros que se deben considerar al analizar diversas propuestas de fabricantes son los siguientes.

Dispersión, modos de propagación, atenuación, margen del sistema y el índice de refracción de la fibra

Para el desarrollo de este proyecto, y considerando todas las normas mencionadas anteriormente, se ha elegido el cable de fibra óptica para ducto y cable directamente enterrado con las siguiente descripción.

### **Fibra Óptica para Ductos**

En la siguiente figura se muestra un cable típico para canalización en ductos



**Figura 3.4** Cable de fibra óptica para ductos

**Descripción:**

- Elemento de tracción dieléctrico.
- Fibras ópticas de dispersión corrida, identificadas por calor
- Tubo termoplástico relleno con compuesto repelente a la humedad.
- Cinta e hilos de material no higroscópico.
- Cubierta interna de polietileno
- Cordón de ruptura
- Armadura de acero corrugado.
- Cubierta de polietileno en color negro.

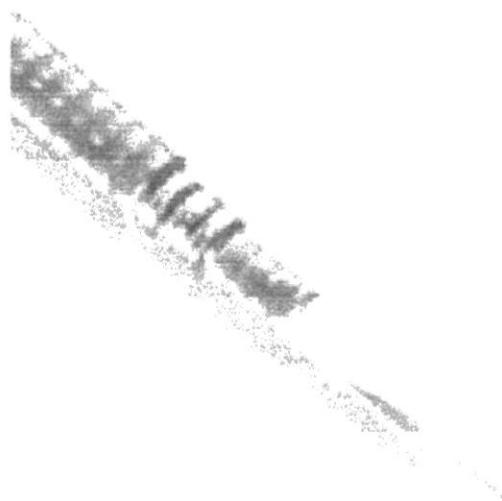
**Tabla 3.1 Características principales Cable de fibra óptica para ducto**

Peso	220 Kg/Km
Diámetro exterior total	14 mm
Tensión máxima (aplicada sobre el elemento de tracción)	270 kg
Impactos desde 15 cm (# /Kg)	20 / 6.00
Resistencia de la compresión en 15 cm	650 Kg
Radio mínimo de curvatura	200 mm
Temperatura de operación	-10 a 50°C
Longitud de empalme (Carrete)	2100 m

Número de fibras	6-8-10-12-14- 16-18-24-36
Atenuación máxima @ 1300 nm - @ 1550 nm	< 0.25 dB/ Km
Longitud de onda de corte	1120-1350 nm
Diámetro del modo de propagación @ 1550 nm	8.10 ± 0.65 μm
Diámetro del revestimiento	125 ± 2 μm
Diámetro de la protección	250 ± 15 μm

## Fibra Optica para enterrado directo

En la figura 3.5 apreciamos un cable de fibra óptica para enterrado directo, en el cual podemos ver que su característica principal es el revestimiento de acero que le da mayor protección, por el tipo mismo de tendido al cual está destinado



**Figura 3.5 Cable de fibra óptica para enterrado directo**

### Descripción:

- Elemento de tracción dieléctrico.
- Fibras ópticas de dispersión corrida, identificadas por calor.
- Tubo termoplástico relleno con compuesto repelente a la humedad.
- Cinta e hilos de material no higroscópico.
- Cubierta interna de polietileno.
- Armadura de acero corrugado.
- Segunda cubierta de polietileno.
- Segunda armadura de acero corrugado.
- Cordón de ruptura.

- Cubierta exterior de polietileno en color negro

**Tabla 3.2 Características principales Cable de fibra óptica para enterrado**

**Directo**

Peso	350 Kg/Km
Diámetro exterior total	19 mm
Tensión máxima (aplicada sobre el elemento de tracción)	270 kg
Impactos desde 15 cm (# /Kg)	20 / 9 00
Resistencia de la compresión en 15 cm	900 Kg
Radio mínimo de curvatura	300 mm
Temperatura de operación	-10 a 50°C
Longitud de empalme (Carrete)	2100 m

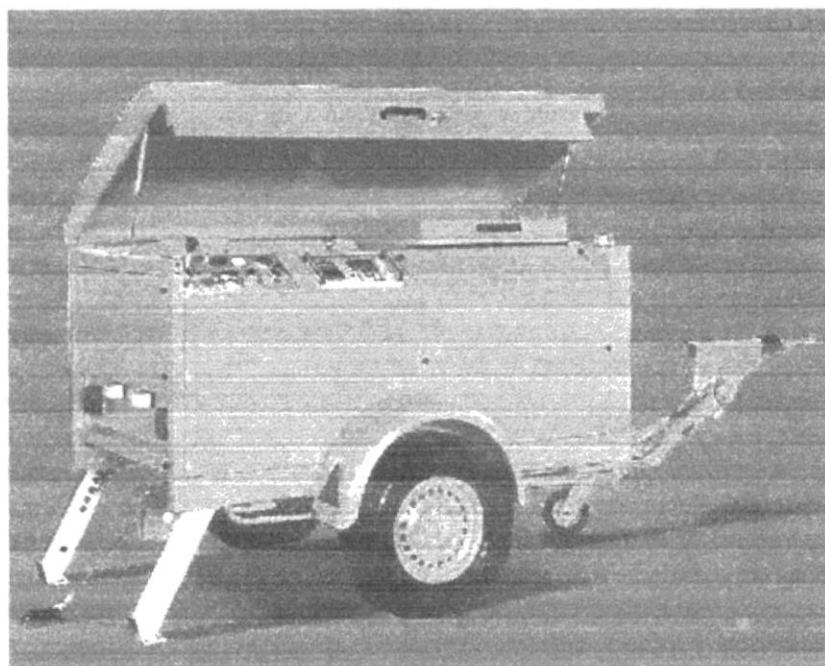
Número de fibras	6-12--18-24-36
Atenuación máxima @ 1300 nm - @ 1550 nm	< 0.25 dB/ Km
Longitud de onda de corte	1120-1350 nm
Diámetro del modo de propagación @ 1550 nm	8.10 ± 0.65 μm
Diámetro del revestimiento	125 ± 2μm
Diámetro de la protección	250 ± 15 μm

### 3.3 TENDIDO DEL CABLE DE FIBRA OPTICA

A continuación describiremos los diferentes tipos de tendido de Fibra Óptica más conocidos.

#### 3.3.1 Tendido en sistemas de ductos canalizados

Se realiza manualmente o por medio de cabrestantes o winches, pasando el cable a través de ductos previamente diseñados. Este tipo de tendido se lo utiliza en zonas urbanas o en el costado de una carretera. En la Figura 3.6 se muestra el winche utilizado para este tipo de tendido.



*Figura 3.6 Winche para tendido en sistemas de ductos canalizados*

Durante la instalación del cable, se debe tener cuidado de no exceder el mínimo radio de curvatura del cable ni la máxima tensión de carga soportable.

El radio de curvatura mínimo del cable es típicamente expresado como un múltiplo del diámetro externo bajo condiciones estáticas y dinámicas. Las condiciones estáticas están representadas por un cable instalado bajo un trecho largo, sometido únicamente a la carga de tensión residual. Las condiciones dinámicas se entiende como un cable durante su instalación, sometido a las más grandes tensiones.

Para asegurarse de no exceder la máximo tensión, durante la instalación, se recomienda usar torniquete giratorio de elongación con freno manual o equipo de tensión longitudinal calibrable. El uso de lubricantes para el cable son también efectivos para minimizar las cargas reduciendo el coeficiente de rozamiento.

### ***Precauciones de seguridad***

- Se debe coordinar el trabajo con la institución encargada del tráfico vehicular, utilizando conos, rótulos y demás elementos para el control de tráfico.
- Se debe chequear la atmósfera existente dentro de las cajas de registro y bóvedas sin ventilación, para evitar la presencia de gases combustibles o inflamables.
- Si se detecta algún tipo de estos gases, se debe ventilar el área de trabajo, hasta que quede completamente segura.
- Si no es posible realizar una ventilación forzada, entonces se debe determinar una prueba para determinar la deficiencia de oxígeno.
- Se debe tomar provisiones para mantener una circulación forzada de aire en las cajas de registro y bóvedas no ventiladas.
- Si hubiere cables eléctricos en las cajas de registro o bóvedas, deben ser chequeados para evitar un choque eléctrico.

### ***Equipos y Materiales***

A continuación describiremos los materiales y equipos que se necesitan para instalar fibra óptica a través de ducto subterráneo.

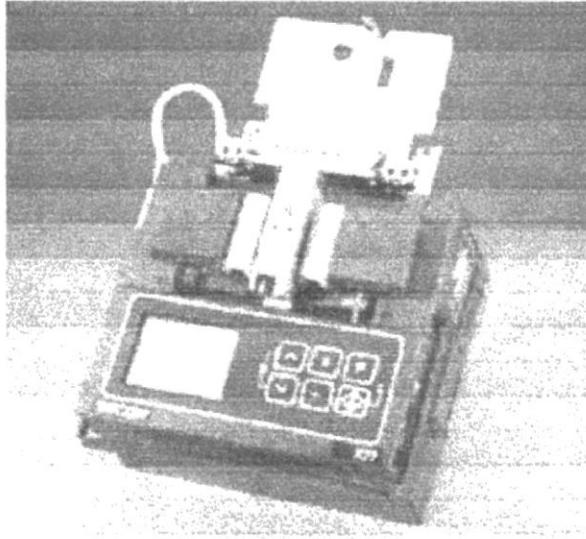
- *Conducto Interno*: puede ser un ducto interno corrugado o acanalado que disminuye el coeficiente de fricción entre el conductor de fibra y la pared interna.
- *Lubricante de tensión del cable*: se recomienda para disminuir la tensión de estiramiento del cable durante su instalación, y además debe ser compatible con el polietileno.
- *Grapas de estiramiento*: son fabricadas de filamentos de acero galvanizado de alta resistencia. Su estructura provee servicio en una o doble dirección gracias a un eslabón giratorio.
- *Eslabón giratorio de rápido cambio*: se recomienda para todos los estiramientos ya que disminuye el torque evitando que llegue a niveles que puede dañar el cable y obstruir el templado de la línea.
- *Cabrestante o Winche*: se lo usa para ir estirando o cobrando el cable ya que tiene la posibilidad de calibrar su tensión de estiramiento.
- *Dinamómetro*: se lo usa para monitorear la tensión en la línea cerca del winche.
- *Roldanas, poleas, cabrestantes, etc.*: para mantener el mínimo radio de curvatura del cable exigido por los fabricantes.
- *Comunicaciones por radio*: se debe establecer comunicaciones entre la bobina del cable, el punto donde se tira el cable y todos los puntos intermedios durante la instalación.
- *Winches de apoyo*: winches intermedios de apoyo se puede usar en las curvaturas o lugares donde la tensión está llegando al límite máximo soportable por el cable. El uso de éstos puede facilitar mucho la instalación, pero es necesario las comunicaciones entre ellos para coordinar la velocidad de los winches.

### ***Procedimiento de Instalación***

Para realizar la instalación de un cable de fibra óptica a través de ductos enterrado se deben considerar los siguientes aspectos:

- Previo a la instalación, en todas las zonas de seguridad de tráfico, se deben colocar barricadas y hombres bandera.

- Todas las cajas de registros deben ser revisadas antes de la instalación ya sea para chequear su atmósfera o cualquier obstáculo que contenga en ella.
- Todos los ductos internos deben ser colocados.
- Ubicar los winches, elementos de monitoreo, equipo de lubricación y elementos de control de radio de curvatura para el plan de templado.
- Establecer comunicaciones entre el rollo de cable, el winche y las estaciones intermedias.
- Colocar el rollo de cable y el trailer en una predeterminada caja de registro para el plan de templado y alinear el rollo de tal manera que el cable experimente una muy suave transición entre la caja de registro y el conducto.
- Después de confirmar las comunicaciones entre el rollo, el winche y las estaciones intermedias, podemos empezar a cobrar.
- Empezar a cobrar lentamente, introduciendo el cable en el ducto, aplicando lubricante tanto como se requiera.
- La tensión del cable debe ser monitoreada constantemente.
- Gradualmente incrementar la velocidad de tirado a 50, o a 100 pies por minuto.
- Como el cable tiene estaciones intermedias, verificar que esté enrutándose. Utilice poleas u otros elementos de control para guiar el cable dentro del ducto.
- Colocar los eslabones giratorios a la línea de templado.
- adecuadamente con la ayuda de los winches auxiliares.
- Cuando el cable llegue al punto final, detenga el cobrado del cable y haga los arreglos en las cajas de registro intermedias para mantener inactivo al sistema.
- En el punto donde se va a realizar un empalme, asegurarse de dejar suficiente cable enrollado para sacarlo de la caja de registro y llevar su extremo donde el vehículo de empalme.



*Figura 3.7 Máquina de empalme*

### **3.3.2 Tendido del cable directamente enterrado**

El siguiente procedimiento se lo entiende como una guía básica para la instalación de cable de fibra óptica directamente enterrado, para lo cual debemos disponer de personal previamente entrenado para el efecto.

A breves rasgos, el proceso se lo realiza desde un vehículo especial equipado para llevar la bobina de cable óptico. Una vez excavada la zanja, de aproximadamente 90 cm de profundidad, el cable se tiende sobre un lecho o colchón de arena fina y cribada para evitar cualquier aplastamiento del cable, para a continuación, ser señalizado con una malla señalizadora plástica de un color vivo (típicamente amarillo) que delate la presencia del cable a fin de prevenir cualquier daño que se lo pueda inferir en ulteriores excavaciones.

- Tractor
- Excavadora de zangas
- Trailer con rollete de cable, con tensión de giro ajustable
- Winche
- Pala para llenado posterior del tractor
- Pallas, rastillos, herramientas de mano, etc.
- Abrazaderas para tensión
- Eslabón giratorio (600 lb )
- Dinamómetro

### **Directamente enterrado en zanja**

Dependiendo del sistema que se utilice para enterrar el cable, se determina la necesidad del material, así:

### **Equipo Utilizado**

- Un dinamómetro o equivalente (600 lb con eslabón giratorio) debe ser usado para monitorear la tensión del cable durante su colocación
- El lugar donde va a ser enterrado debe ser bien diseñado y estudiado sobre mapas que puedan ser usados sobre el campo. Estos mapas deben mostrar todas características topográficas, para determinar posibles obstáculos en el área en cuestión. Estas áreas deben ser excavadas a mano para prevenir cualquier posibilidad de daño
- Gafas de seguridad se deben usar al manipular los cortadores de fibra o químicos

anotar otras como son

Dentro de las precauciones tanto en el manejo del cable como de seguridad, son las mismas las que se realizan en el método de tendido anterior, sin embargo podemos

### **Precauciones**

### **Directamente enterrado por arado**

- Tractor o Bulldozer con taladro vibrador o estático
- Equipo para abrir zanjas
- Palas, rastrillos, herramientas de mano, etc.

### ***Equipo para hacer agujeros***

- Máquina o taladro que hace los agujeros
- Guías y niveles para la cuchilla que agujerea
- Paletones y exprimidores

### ***Equipo de barra de empuje***

- Máquina de barra de empuje
- Barra de Empuje
- Exprimidor de barra

### ***Equipo para cortar la calle***

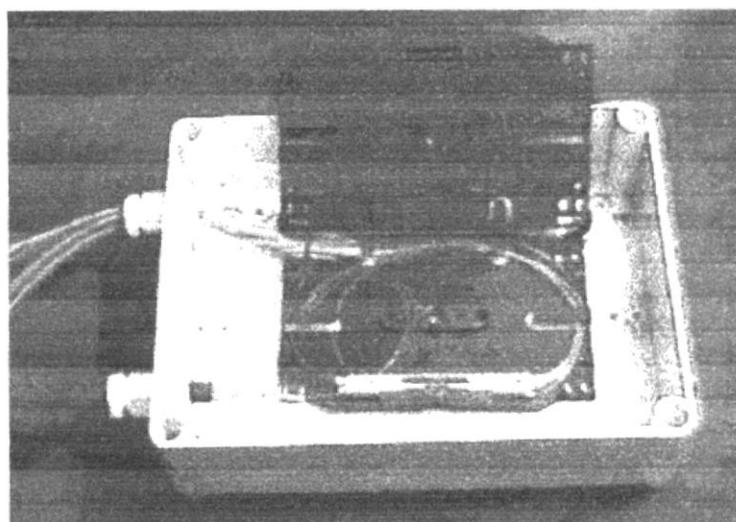
- Sierra de concreto
- Martillo perforador
- Palas, picos, etc
- Barra aplanadora
- Radios de Comunicaciones

### **Excavación del surco y enterrado del cable**

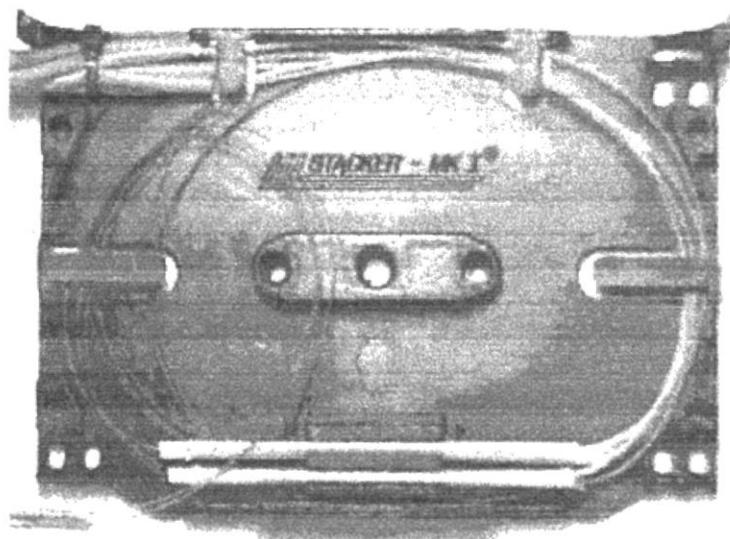
Para proceder a la excavación del surco, es necesario considerar los siguientes aspectos

- La máquina excavadora debe ser regulada a una profundidad que se ajuste a las especificaciones de instalación del proyecto. Normalmente se suele enterrarlo entre 0.9 y 1.1 m. de profundidad.
- Cuando la ruta del cable atraviese por obstáculos o cosas útiles enterradas, como cercas, será necesario realizar la excavación a mano.
- Cuando exista un cruce con lugares de superficie dura como son calles, carreteras, veredas, etc., será necesario aplicar equipo de barra de empuje o equipo barrenero.
- Si el equipo barrenero (por agujero) no es posible, entonces habrá que cortar la vereda o la calle y después arreglarla nuevamente.
- El winche o elemento tensionador escogido para instalar el cable, debe ser capaz de proveer un medio para tener un monitoreo constante de la tensión aplicada.
- La posición del trailer con el rollete debe estar en un determinado lugar tal que el cable quede en la parte superior del rollete cuando es halado de la parte posterior del trailer.
- Coloque el elemento tensor al final de la sección donde va a ser instalada.
- Tienda la línea de tensión (del winche) dentro de la zanja, debajo de todos los obstáculos, a través de todos los agujeros y cortes de las calles; o sea coloque el cable a lo largo de toda la zanja.
- Coloque las abrazaderas de tensión en el cable.
- Utilizando los grilletes giratorios, sujete el cable al ojo de las abrazaderas.
- Mantenga comunicación entre todas las posiciones de tensión inmediatas a lo largo de la ruta.
- Cuando se alcance el final de la ruta, un pedazo de fibra debe dejarse al final para tener facilidad de espacio en caso de empalme.
- Cajas de empalme portátiles se pueden usar en los lugares de ubicación de los empalmes y el empalme encerrado puede ser enterrado directamente. En las figuras 3.8 y 3.9 se puede ver un ejemplo de una caja de empalme.
- La ubicación de los empalmes debe ubicarse mediante elementos de señalización colocados encima de la caja de empalme.

- Durante la operación de llenado que se realiza en la parte posterior, una cinta metálica para localización / precaución puede ser instalada sobre el cable para propósitos de localización.
- Una pala posterior de llenado puede usarse en el tractor para facilitar la operación de llenado. Si la fosa excavada es extremadamente rocosa, u otras piezas duras están presentes como son: asfalto, concreto, etc , un colchón de arena debe ser colocada en la fosa alrededor del cable para una mejor protección. Esto es antes del llenado.
- La línea de la excavación debe ser delimitada para evitar futuros asentamientos de colonias, etc.
- Las zonas de asfalto y cemento deber se arregladas una vez que han terminado de tender y tapar todo y además probar el correcto funcionamiento del sistema.



*Figura 3.8 Caja de empalme, vista interior*



*Figura 3.9 Caja de empalme, interior sellado*

#### **Colocación del cable en el surco**

- Cargue el cable sobre el tractor enterrador y alimente el cable a través del cabrestante y la unión del surco. Inspeccione las pestañas del rollete para asegurarse que la superficie está suave y libre de uñas u otras imperfecciones, las cuales podrían dañar el cable o atrancar el rollete.
- Excave un orificio como fosa inicial, al comienzo de la ruta, alrededor de 3 pies de largo y una profundidad típica entre 90 y 110 cm. Hale suficiente cable y déjelo allí para facilitar cualquier empalme.
- Coloque la barra excavadora en el interior de la zanja inicial.
- Empezar la excavación y continúe hasta el próximo punto de empalme. Igualmente deje cable extra para facilitar el empalme.
- Repita el procedimiento para cada longitud de cable a ser enterrado, dejando suficiente cable extra en el final de cada extremo.
- Si una caja de empalme manual es utilizada, 10 cm. de fino de cascajo debe ser colocado debajo de la caja. El cable deberá entrar en la caja a través de

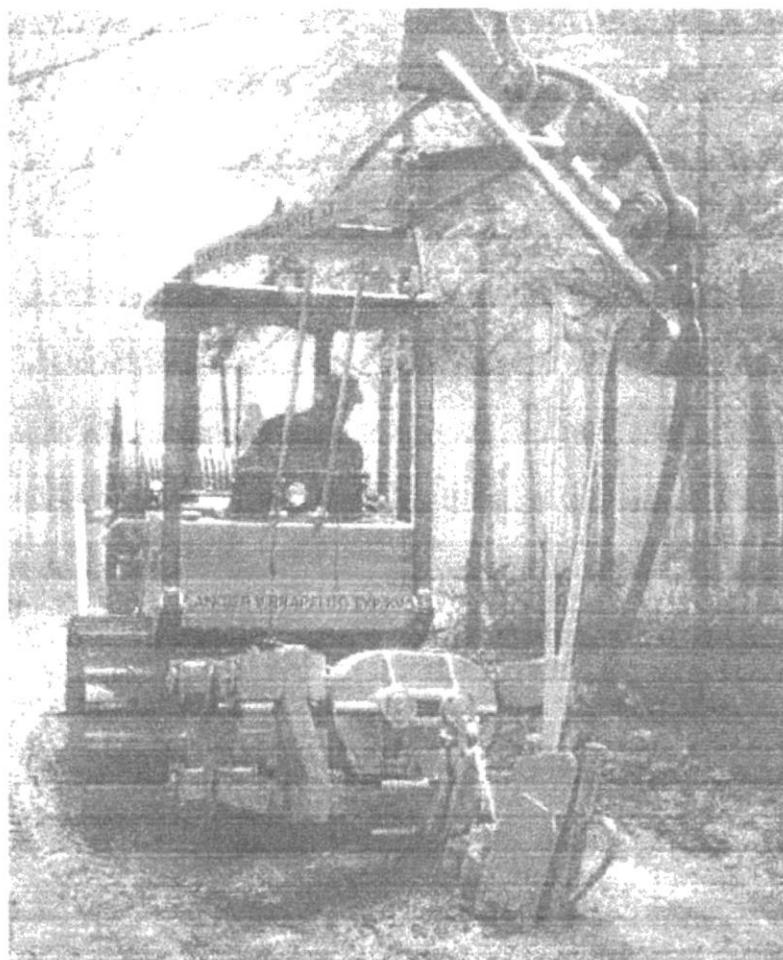
pequeños tubos de PVC de 5 cm. El cascajo y el PVC protegerán el cable del peso de la tierra.

Mucho tiempo y muchos costos se necesitan diariamente para colocación de cables subterráneos. Sistemas automatizados para tendido directamente enterrado ayudan a hacer este trabajo ahorrando material, tiempo y costos

La zanjadora para cables es la solución económica para la colocación de cables subterráneos en rutas de larga distancia. Los costos de inversión son relativamente bajos si se tienen en cuenta los altos datos de capacidad y las posibilidades de colocación

La concepción técnica de la zanjadora para cables corresponde a las exigencias y prescripciones para la colocación de cables de larga distancia.

Para llevar a cabo este tipo de tendido directamente enterrado debemos considerar algunos puntos mencionados anteriormente cuando describimos el método directamente enterrado en zanja



***Figura 3.10 Sistema automatizado para tendido directamente enterrado***

En la figura 3.10 podemos ver como el Sistema realiza al mismo tiempo la excavación de surco y el enterrado de la fibra quedando así el cable enterrado, la cuchilla de arado y el canal de guía de cable dejan una línea de arado apenas visible

### 3.3.3 Tendido en líneas aéreas de alta tensión

La fibra óptica se utiliza por las compañías eléctricas en sus propios servicios de telefonía, telemando y telecontrol, existen dos variantes en este tendido:

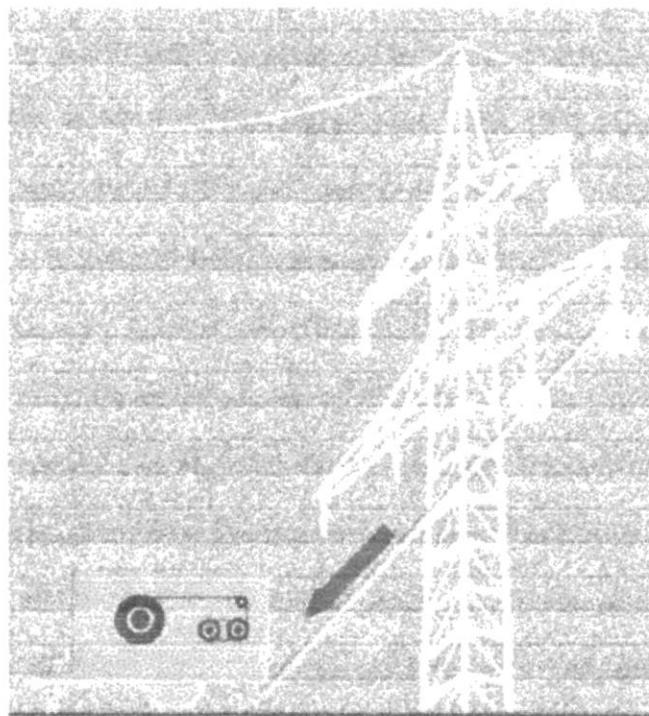
La primera consiste en utilizar los hilos de tierra o cables de guarda de las líneas de alta tensión y sobre ellos adosar un cable óptico dieléctrico.

Los métodos de amarre del cable son dos y ambos se realizan con máquinas especialmente diseñadas para trabajar a gran altura y manejadas a distancia.

- El primer método consiste en grapar cada cierta distancia, habitualmente 500 mm, el cable con unas bridas o abrazaderas especiales.
- El segundo método consiste en arrollar sobre ambos cables un alambre continuo que se cose literalmente.

Ambos métodos son perfectamente válidos, el aumento de peso que suponen sobre las torres o postes es despreciable y permite la modernización de las redes a un coste exiguo.

La segunda variante consiste en utilizar los modernos cables compuestos tierra-ópticos u **O.P.G.W.**, que incluyen en su interior la fibras ópticas y cable de acero para autosoportarse. En la figura 3.11 visualizamos la metodología del tendido en líneas aéreas de alta tensión.



*Figura 3.11 Tendido en líneas aéreas de alta tensión*

### **3.3.4 Tendido de cable submarino**

Los cables para uso submarino se tiende directamente sobre el lecho marino, su cubierta plástica exterior está reforzada por una armadura de acero, rellena de un material para garantizar la estanqueidad, al estar diseñados para soportar altísimas presiones del orden de  $100 \text{ kN/cm}^2$ .

El tendido se lo realiza mediante buques cableros especiales.

### **Fuerza de Tracción Tolerable por el cable óptico**

Es la máxima fuerza de tracción admisible por el cable durante el proceso de tendido, no se ha de superar jamás y su comprobación en cada tramo de tendido se realiza con los diagramas de distancia – fuerza de tracción.

Está íntimamente ligado con los radios de curvatura repetitivo y no repetitivo del cable óptico, pues durante el proceso de tendido del cable se ha de respetar el cumplimiento simultáneo de los tres parámetros de tendido.

Como regla nemotécnica para determinar, en caso de desconocimiento de la fuerza de tracción tolerable por un cable, se puede realizar una buena estimación en base el cálculo del ***doble del peso por kilómetro del cable***. Ésta viene a ser aceptada por todos los fabricantes de cables como una buena estimación de la fuerza de tracción tolerable por el cable óptico.

Igualmente se recomienda no superar jamás para cables con diámetros exteriores inferiores a 30 mm. , ***Radio de curvatura de 200 mm***.

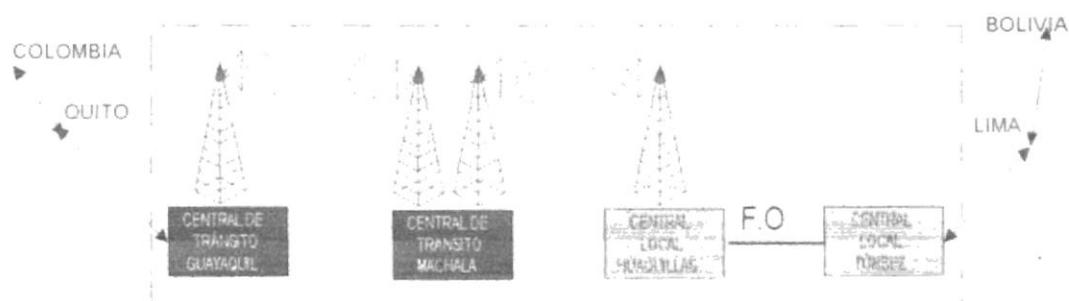
### 3.4 SELECCIÓN DEL TIPO DE TENDIDO

Seleccionamos el tipo de tendido enterrado directamente en la zanja porque:

- Es el tipo de tendido que se recomienda para trayectos que cubren largas distancias
- Es el más sencillo de instalar puesto que no se implementa canalización
- Es el menos costoso
- En comparación con el tendido aéreo por líneas de alta tensión es más factible de realizarlo, ya que para el tendido aéreo en algunos sectores no se lo podría hacer porque no existen torres (en la vía Guayaquil – Machala – Huaquillas) del sistema nacional interconectado
- Este tipo de tendido da la facilidad de extraer bifurcaciones futuras, para servir a nuevas poblaciones, desde la trayectoria original

### 3.5 PLANIFICACION DE LA RUTA

En este punto vamos a detallar la ruta de la Red de Fibra Optica con transmisión SDH para la interconexión de las centrales de Tránsito Guayaquil-Machala con la central Local Huaquillas como parte del Corredor Andino Digital, pero antes mostraremos la ruta existente entre estas centrales



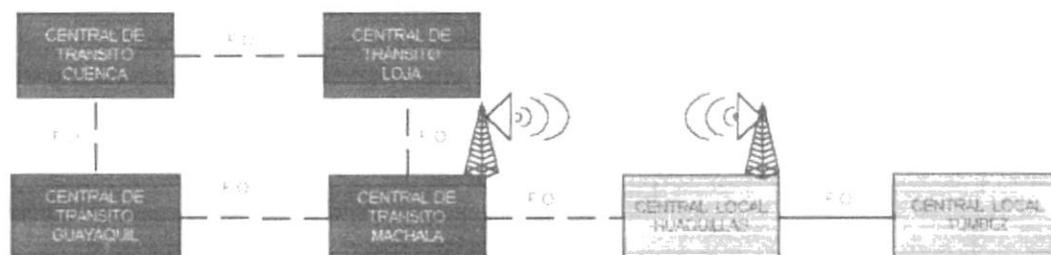
**Figura 3.12 Ruta existente entre las Centrales de Tránsito Guayaquil-Machala con la Central Local Huaquillas.**

El detalle de la ruta de la Red Existente fue explicada en el capítulo II, en donde incluimos la ruta que va a Perú a través de un tendido de fibra óptica (ya instalado) entre las centrales fronterizas de Huaquillas y Tumbes. En la figura 3 13 vemos como quedaría nuestro diseño, esto sería una conexión punto a punto entre cada central interviniente en la ruta



**Figura 3.13 Red futura, utilizando fibra óptica como medio de transmisión**

Además debemos incluir la Central de Tránsito Cuenca y la Central Tránsito Loja para cerrar el Anillo Sur ya que este enlace servirá de respaldo para la Central Tránsito Guayaquil con la Central Tránsito Machala, y el respaldo de la Central Tránsito Machala con la Central Local Huaquillas lo haríamos por medio de Radio Enlace como se indica en la figura 3.14.



**Figura 3.14 Integración del enlace Guayaquil – Machala – Huaquillas al Anillo Sur**

### 3.6 DESCRIPCION DE LA RUTA

En esta sección se describirá al detalle la ruta que se siguió para el tendido del Cable de Fibra Óptica, desde la Central de Tránsito de Guayaquil hasta la Central de Tránsito de Machala y la conexión desde aquí a la central local de Huaquillas para la integración al Corredor Andino Digital.

La ruta comprende las siguientes localidades: Guayaquil, Durán, Pedro J. Montero, Laguna del Cancón, Sta. Rosa de Flandes, Naranjal, El Carmen de Pijili, Ponce Enríquez, Tendales, Machala y Huaquillas.

El tendido será enterrado, al lado derecho de la vía, en la dirección Norte – Sur. Se hizo esta elección porque el radio de concetricidad (en forma global) resulta menor haciendo el tendido de esta manera.

En el Anexo 2, se presentan los mapas que nos ayudaron a determinar la ruta en sí, la topografía y características principales del terreno. No está por demás recalcar que para realizar una observación más detallada, se hizo un reconocimiento directo de la vía.

Con estos dos antecedentes, pudimos determinar una serie de conclusiones acerca de la técnica del tendido, situación del terreno en cada tramo y recomendaciones para llevar a cabo este proyecto.

A continuación se presenta el detalle de la ruta, la cual se ha dividido en sectores según los puntos más representativos en la misma. En cada sector se especifica su longitud, la longitud acumulada, sus características más importantes y se hace referencia al Mapa en donde se puede ubicar geográficamente cada uno de estos sectores. En el Anexo 2 podemos encontrar estos mapas, los cuales fueron nombrados bajo la referencia que hace el Instituto Geográfico Militar.

**Sector 1**

Central de Tránsito Guayaquil – Sector urbanizado Durán

Distancia: 10 Km

Distancia acumulada: 10 Km

En este tramo podemos aprovechar la canalización de Pacifictel, la cual empieza en la Central de Tránsito de Guayaquil y llega hasta 500 m contados a partir de la finalización del puente en Durán.

Referencia: Mapa 1a Guayaquil - Durán (Anexo 2)

**Sector 2**

Sector urbanizado Durán – Cruce de vía férrea

Distancia 1 Km

Distancia acumulada: 11 Km

Por este tramo cruza la vía del tren y paralelo a esta también pasa un tramo del poliducto, además, sobre el lado izquierdo de la vía funcionan canteras (área rocosa). En este punto el tendido de la fibra deberá ser manual.

Empieza la autopista Durán - Boliche

Referencia: Mapa 1b Guayaquil - Durán (Anexo 2)

**Sector 3**

Cruce de vía férrea – Zona industrial

Distancia: 2 Km

Distancia acumulada: 13 Km

Sobre el lado derecho de la vía (por donde va a ser el tendido) se asienta una serie de fábricas y bodegas.

Autopista Durán – Boliche

Referencia: Mapa 1b Guayaquil – Durán (Anexo 2)

#### **Sector 4**

Zona industrial – Intersección Km 26/ Milagro

Distancia: 19 Km

Distancia acumulada: 32 Km

A lo largo de este tramo se presentan matorrales y cultivos temporales, es una zona plana y salvo la vegetación, se podría trabajar con normalidad para el tendido del cable de fibra óptica. Esta situación se presenta con frecuencia a lo largo de la vía.

Termina la autopista Durán - Boliche

Referencia: Mapa 2a Durán – Km 26 (Anexo 2)



**Figura 3.15 Sector 4: Matorrales y cultivos temporales**

**Sector 5**

Intersección Km 26/ Milagro – Puente (canal de riego)

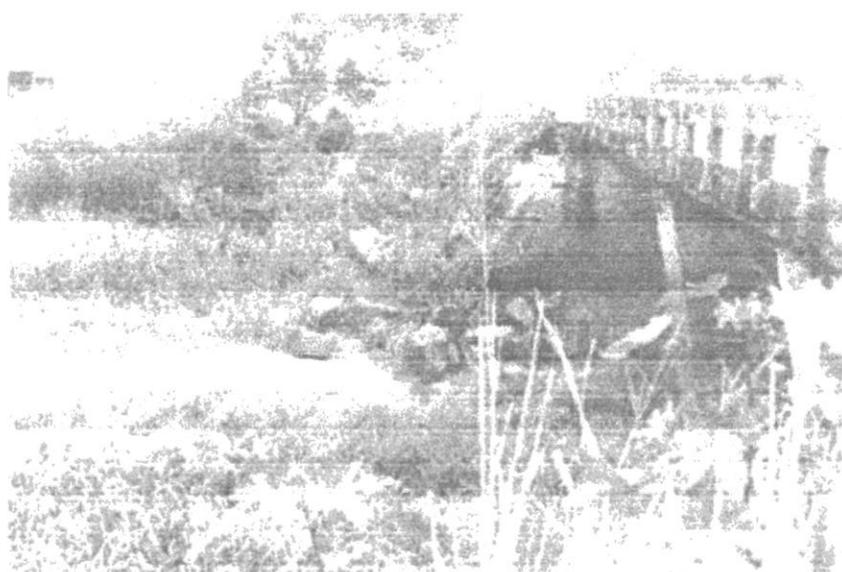
Distancia: 1 Km

Distancia acumulada: 33 Km

Este tramo presenta matorrales y cultivos temporales.

En este como en otros tramos, podemos encontrar que la vía se ve interrumpida por cruces de ríos o canales de riego, razón por la cual se han levantado pequeños puentes (de un promedio de 30 m de largo) a lo largo de los cuales se tendría que pasar el cable de fibra óptica, el cual podría ser soportado como se puede apreciar en la Figura 3.18 del Sector 7.

Referencia Mapa 2a Durán – Km 26 (Anexo 2)



**Figura 3.16 Sector 5: Matorrales, cultivos temporales, cruce de puente**

**Sector 6**

Puente (canal de riego) – Intersección El Triunfo/Machala

Distancia: 2 Km

Distancia acumulada: 35 Km

Este tramo presenta matorrales y cultivos temporales.

Referencia: Mapa 2a Durán – Km 26 (Anexo 2)

**Sector 7**

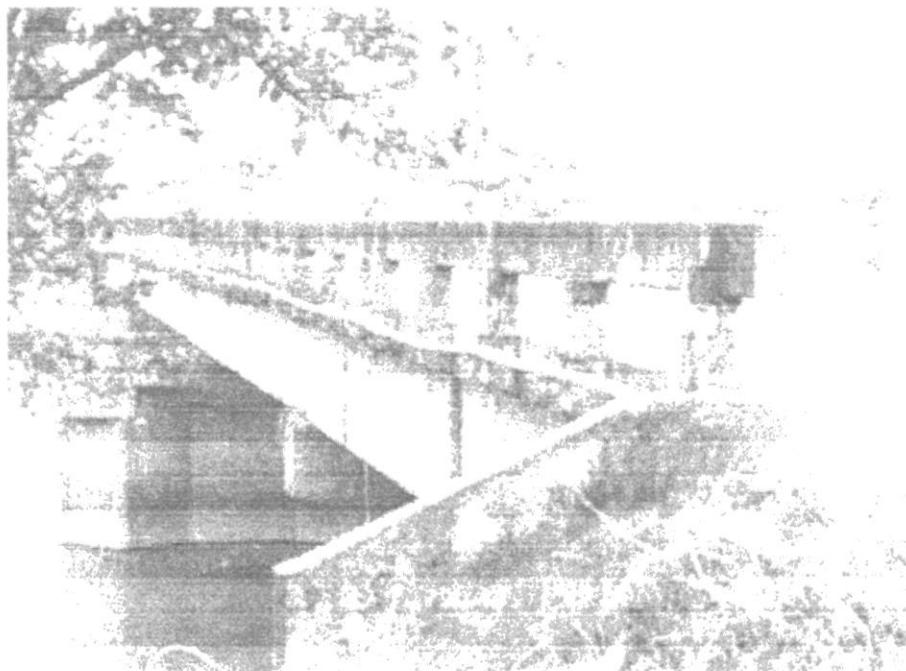
Intersección El Triunfo/Machala – Puente (Río Bulu Bulu)

Distancia: 0.5 Km

Distancia acumulada: 35.5 Km

Este tramo presenta matorrales y cultivos temporales.

Referencia: Mapa 2a Durán – Km 26 (Anexo 2)



*Figura 3.17 Sector 7:Puente Río Bulu Bulu*



*Figura 3.18 Ejemplo paso de tubería/cable a lo largo de un puente*

**Sector 8**

Puente (Río Bulu Bulu) – Puente (Río Culebra)

Distancia: 4.5 Km

Distancia acumulada: 40 Km

Empieza zona arrocera.

**A esta altura será instalado el primer repetidor, es decir, a los 40 Km de recorrido desde el inicio de la ruta en la Central de Tránsito de Guayaquil.**

Referencia: Mapa 2b Durán – Km 26 (Anexo 2)

**Sector 9**

Puente (Río Culebra) – Zona arrocera y matorrales

Distancia: 4 Km

Distancia acumulada: 44 Km

Termina zona arrocera.

Referencia: Mapa 2b Durán – Km 26 (Anexo 2)



**Figura 3.19 Sector 9: Zona arrocera**

### **Sector 10**

Zona arrocera y matorrales – Zona canales de riego y matorrales

Distancia: 6.5 Km

Distancia acumulada: 50.5 Km

En este tramo podemos apreciar una serie de canales de riego, por lo cual la vía se ve interrumpida por puentes que dan paso a los mismos. Al final de la descripción de la ruta se especificará el número total de puentes (para paso de ríos y canales de riego), lo cual nos servirá para evaluar la longitud total de cable de fibra óptica que irá sostenida a la estructura de los mismos.

En este tramo como en tramos posteriores (canales de riego) existen diques de contención, como se aprecian en la Figura 3.20 Diques de contención para canales de riego

Referencia: Mapa 2b Durán – Km 26 (Anexo 2)

**Sector 11**

Zona canales de riego y matorrales – Puente (Río Choalán)

Distancia: 2 Km

Distancia acumulada: 52.5

Referencia: Mapa 3a Laguna del Cancón (Anexo 2)

**Sector 12**

Puente (Río Choalán) – Zona de cerros (Cerro Guabito, Cerro El Mate, Cerro Simalón)

Distancia: 2 Km

Distancia acumulada: 54.5

Referencia: Mapa 3b Laguna del Cancón (Anexo 2)

**Sector 13**

Zona de cerros (especificar) – Zona Laguna del Cancón

Distancia: 4 Km

Distancia acumulada: 58.5 Km

Referencia: Mapa 3b Laguna del Cancón (Anexo 2)

**Sector 14**

Zona Laguna del Cancón – Zona arrocera y diques

Distancia: 6.5 Km

Distancia acumulada: 65 Km

Referencia. Mapa 3b Laguna del Cañón (Anexo 2)



**Figura 3.20 Diques de contención para canales de riego**

### **Sector 15**

Zona arrocera y diques – Puente (afluente Río Cañar)

Distancia: 4.5 Km

Distancia acumulada: 69.5 Km

Referencia. Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes (Anexo 2)

### **Sector 16**

Puente (afluente Río Cañar) – Puente (Río Cañar)

Distancia: 2 Km

Distancia acumulada: 71.5 Km

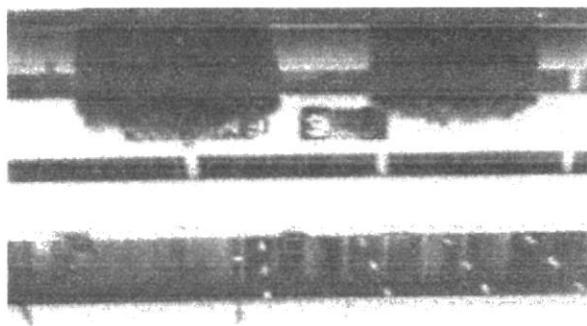
En este tramo se inicia un sector de matorrales bajos

Los equipos para el servicio SDH e interconexión al corredor andino digital aún no se instalan en la Central de Tránsito de Machala

Aquí encontramos los equipos actuales de transmisión Radio analógico, radio digital, multiplexor digital y equipos multiacceso inalámbrico digital (para las zonas rurales de la provincia del Oro).

Desde la Central de Tránsito de Machala hasta la central local de Puerto Bolívar existe ya un tendido canalizado de fibra óptica, el cual cubre una distancia de 3.4 Km.

**Figura 3.24 Central de Tránsito de Machala**



**Sector 34**

Central de Tránsito de Machala – Repetidor Optico

Distancia: 40 Km

Distancia acumulada: 224 Km

A la salida de Machala y dirección a la central local de Huaquillas existen plantaciones de banano, las cuales cubren una longitud de aproximadamente 31 Km, nos encontramos con las localidades de Sta. Rosa y Arenillas, las cuales pueden ser beneficiadas en el futuro con el servicio que brindaría este proyecto.

En este sector ubicaríamos el repetidor óptico para la amplificación de la señal entre las centrales de Machala y Huaquillas. Este equipo estará instalado exactamente al final de este sector, es decir a los 40 Km de recorrido entre la central de tránsito de Machala y la central local de Huaquillas.

Referencia: Mapa 10 Machala – Huaquillas (Anexo 2)

**Sector 35**

Repetidor Optico – Central Local de Huaquillas

Distancia: 34 Km

Distancia acumulada: 258 Km

En este sector apreciamos terreno arcilloso/arenoso ya que nos acercamos a la frontera sur con el Perú.

Llegamos a la central local antigua de Huaquillas, pasando por un repetidor ubicado a los 40 Km de recorrido desde la Central de Tránsito de Machala. Desde la central local antigua de Huaquillas existe un canalizado corto de 100 metros para el empalme con la fibra que viene de Perú.

Actualmente se ha edificado una nueva central en Huaquillas, en la cual está instalado el multiplexor SDH constituyendo el nodo de Transmisión – Recepción en la frontera con el Perú. Este equipo consta de:

- Caja de empalme terminal
- Caja de distribución
- Conversor Eléctrico/ Óptico – Óptico/Eléctrico
- Multiplexor digital SDH

(Ver figuras 2.16, 2.17, 2.18 y 2.19)

Esta nueva central esta enlazada con la Central de Tránsito de Machala mediante un equipo de Radio analógico.

La central antigua y la central nueva en Huaquillas están enlazadas mediante un cable de fibra óptica canalizada, que es la continuación del empalme en la frontera.

Referencia: Mapa 10 Machala – Huaquillas

## RESUMEN RUTA GUAYAQUIL – MACHALA – HUAQUILLAS

La longitud total del recorrido desde la Central de Tránsito de Guayaquil hasta la Central Local de Huaquillas es de 258 Km, los cuales están distribuidos de la siguiente manera.

### ***Ruta Guayaquil - Machala***

- 40 Km Tramo 1, ubicación del Primer repetidor óptico
- 90 Km Tramo 2, ubicación del Segundo repetidor óptico.
- 54 Km Tramo 3, Central Tránsito Machala

### ***Ruta Machala - Huaquillas***

- 40 Km. Tramo 1, ubicación del repetidor óptico
- 34 Km. Tramo 2, Central local de Huaquillas

Se contabilizaron 25 puentes. determinamos una longitud promedio de 30 m para cada puente, con lo que tenemos 750 m de cable soportado a la estructura de los mismos

Determinamos una distancia de trabajo para realizar la excavación, tendido del cable, relleno, etc. de 10 metros contados desde el pie de la vía. Esta distancia será suficiente para el paso de la maquinaria necesaria en el tipo de tendido directamente enterrado.

El mayor problema en el tendido del cable directamente enterrado consiste en la serie de plantaciones, especialmente de banano, que podemos encontrar al pie o muy cerca de la vía. Problema salvable ya que el Estado puede expropiar terrenos privados si estos son necesitados para la ejecución de proyectos de interés nacional

A continuación se presenta un esquema general de la ruta Guayaquil – Machala – Huaquillas (figura 3.25). Adicionalmente podemos observar una tabla resumen de la misma en el Anexo 3

Tramo 1 Ruta Guayaquil - Machala							
<b>Sector 1</b>	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	<b>Sector 8</b>
<b>Dist:10</b>	Dist:1	Dist:2	Dist:19	Dist:1	Dist:2	Dist:0.5	<b>Dist:4.5</b>
<b>Acum:10</b>	Acum:11	Acum:13	Acum:32	Acum:33	Acum:35	Acum:35.5	<b>Acum:40</b>

Tramo 2 Ruta Guayaquil - Machala							
Sector 9	Sector 10	Sector 11	Sector 12	Sector 13	Sector 14	Sector 15	Sector 16
Dist:4	Dist:6.5	Dist:2	Dist:2	Dist:4	Dist:6.5	Dist:4.5	Dist:2
Acum:44	Acum:50.5	Acum:52.5	Acum:54.5	Acum:58.5	Acum:65	Acum:69.5	Acum:71.5
Sector 17	Sector 18	Sector 19	Sector 20	Sector 21	Sector 22	Sector 23	Sector 24
Dist:2	Dist:6.5	Dist:5	Dist:2	Dist:3	Dist:5	Dist:3	Dist:16
Acum:73.5	Acum:80	Acum:85	Acum:87	Acum:90	Acum:95	Acum:98	Acum:114
Sector 25	Sector 26	Sector 27	<b>Sector 28</b>				
Dist:6	Dist:0.5	Dist:4	<b>Dist:2</b>				
Acum:120	Acum:120.5	Acum:124.5	<b>Acum:126.5</b>				

Tramo 3 Ruta Guayaquil - Machala				
Sector 29	Sector 30	Sector 31	Sector 32	<b>Sector 33</b>
Dist:20	Dist:14	Dist:7	Dist:6.5	<b>Dist:10</b>
Acum:146.5	Acum:160.5	Acum:167.5	Acum:174	<b>Acum:184</b>

Tramo 1 Ruta Machala - Huaquillas

<b>Sector 34</b>
<b>Dist:40</b>
<b>Acum:224</b>

Tramo 2 Ruta Machala - Huaquillas

<b>Sector 35</b>
<b>Dist:34</b>
<b>Acum:258</b>

SIMBOLOGIA:

 Central Telefónica

 Repetidor Optico

Dist: longitud del sector (Km)

Acum: longitud acumulada de la ruta (Km)

**Figura 3.25 Diagrama general de la ruta Guayaquil – Machala - Huaquillas**

**CAPITULO IV**

**INGENIERIA DEL PROYECTO**

## INGENIERIA DEL PROYECTO

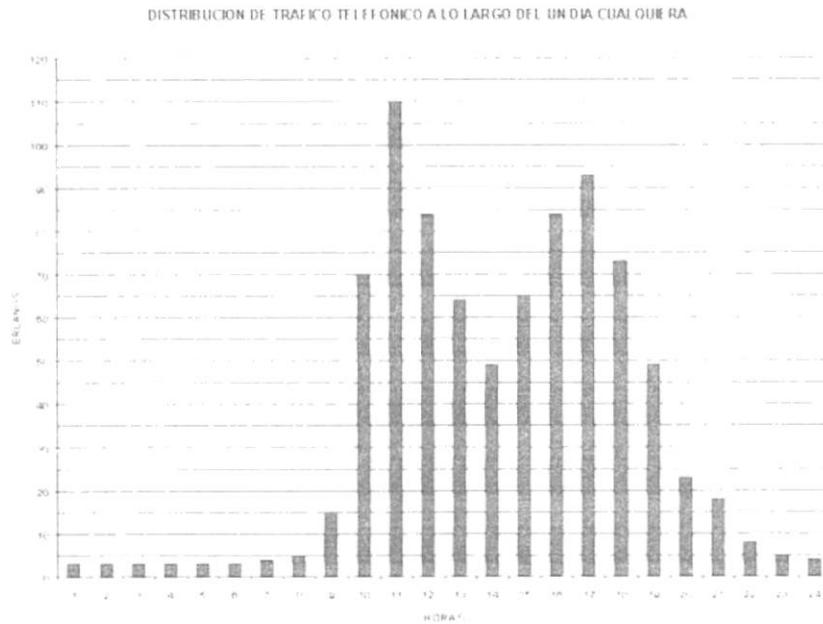
### 4.1 DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED

#### 4.1.1 TEORÍA DE TRÁFICO TELEFÓNICO

Para dimensionar una ruta correctamente, se debe tener una idea de cuantas personas desean hablar al mismo tiempo sobre esa ruta. La ingeniería de tráfico define dos parámetros para el dimensionamiento de una ruta

- 1. Tasa de llamadas.** Se refiere al número de veces que una ruta es usada por unidad de tiempo, es decir, la intensidad de llamadas que circulan por una ruta durante una hora pico
- 2. Tiempo de ocupación.** Es el tiempo que una llamada dura a través de una ruta. Algunas veces también se puede definir como el tiempo promedio de ocupación de una ruta, por una llamada telefónica.

Para dimensionar una ruta de tráfico, debemos saber la intensidad de tráfico. En la Figura 4.1 se muestra el tráfico típico cursado, hora a hora a través de una central telefónica en un día cualquiera. El tráfico a una hora determinada, varía como mucho en un 25% de un día a otro.



**Figura 4.1** Intensidad de tráfico telefónico en un día típico de trabajo  
(tráfico doméstico y de oficina)

#### CARACTERÍSTICAS DEL TRÁFICO:

Las características del tráfico se componen de las siguientes variables

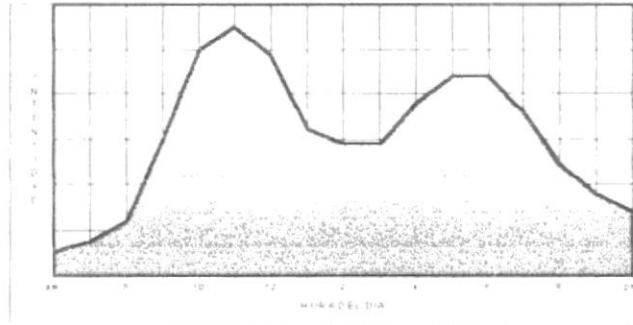
##### ***Variaciones de tiempo de retención de llamada***

El tiempo de retención de llamada varía dependiendo del abonado. Los tiempos de retención de llamada típicos varían entre 120 segundos y 180 segundos.

##### ***Variaciones de horario***

El tráfico generalmente es bajo durante la noche y se incrementa de manera rápida en las mañanas cuando las oficinas, las tiendas y las fábricas inician sus actividades laborales. La intensidad de tráfico disminuye de manera gradual durante la hora del almuerzo y nuevamente se eleva en la tarde. La Figura 4.2

muestra la intensidad de tráfico en diagrama como función de la hora del día. Antes del mediodía y antes del anochecer son las dos horas pico.



**Figura 4.2 Intensidad de tráfico**

#### ***Variaciones diarias***

Los patrones de incremento y disminución de flujo de tráfico se observan también durante el curso de la semana; por ejemplo, el promedio más alto de intensidad es en días hábiles y las actividades más bajas, durante los fines de semana y vacaciones

#### ***Variaciones de temporada***

Antes de Navidad, antes de pascua, etc.

#### ***Variaciones a largo plazo***

Crecimiento gradual de abonados en años

La ingeniería de tráfico calcula los promedios de tráfico en horas cargadas por un intervalo de 60 minutos durante un día (Figura 4-2). Esta hora pico generalmente es constante y predecible.

## ESTIMACIÓN DE VOLUMEN DE TRÁFICO

El volumen de tráfico se calcula al multiplicar el número de llamadas por el promedio de duración de las llamadas

**VOLUMEN DE TRÁFICO** = número de llamadas x promedio de duración de las llamadas

## INTENSIDAD DE TRÁFICO

La intensidad de tráfico se mide en Erlangs. Un Erlang es igual a un circuito en uso por 1 hora (3600 segundos)

Se le denomina Erlang por el matemático danés A. K. Erlang, el creador de la teoría de tráfico telefónico.

La intensidad de tráfico se mide también en CCS por hora (tiempo de llamadas por cien segundos de observación), en donde un CCS es un circuito en uso durante 100 segundos

La relación entre ellos es que 1 erlang es igual a 36 CCS.

$$\text{ERLANG} = \frac{\text{Número de llamadas} \times \text{promedio de retención de llamada (seg.)}}{3600}$$

$$\text{CCS} = \frac{\text{Número de llamadas} \times \text{promedio de retención de llamada (seg.)}}{100}$$

En nuestro Proyecto la intensidad de tráfico se medirá en Erlangs

### **GRADO DE SERVICIO**

El grado de servicio es una medida de la probabilidad de que una llamada ofrecida a una central determinada no encontrará un circuito de voz desocupado en el primer intento; es decir, que cualquier llamada determinada será bloqueada. El grado de servicio se expresa en porcentaje, existe una probabilidad del 1% de que los circuitos de voz estén ocupados y de que la llamada será bloqueada. La cantidad de bloqueo permisible es parte del diseño del sistema ; 1% es un valor frecuentemente utilizado para Telefonía Pública.

#### **4.1.2 DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO DE LA RED**

##### **Fórmula utilizada para el cálculo de los parámetros de tráfico telefónico.**

Cuando dimensionamos una ruta telefónica, lo que se desea encontrar es el número de circuitos que necesita la misma. Cuatros son los factores que nos ayudarán a determinar la fórmula ideal para el dimensionamiento del tráfico en una red telefónica

1. Establecimiento de llamadas y distribución de la duración de las mismas.
2. Número de fuentes de tráfico (abonados)
3. Accesibilidad.
4. Manejo de la llamadas perdidas

Con estos criterios, se ha llegado a la fórmula Erlang B, basada en el control de llamadas perdidas, la cual ha sido estandarizada por el CCITT en su recomendación Q 87 y que es utilizada para el dimensionamiento de las redes telefónicas en la mayoría de los países del mundo. Esta fórmula asume:

- El tráfico se origina desde un infinito número de fuentes, es decir, que el número de abonados es mayor al número de circuitos que puede manejar la ruta telefónica.
- Las llamadas perdidas se eliminarán, es decir, que el abonado debe colgar e intentar de nuevo.
- El número de circuitos de servicio es limitado.
- Existe total accesibilidad a la red

La fórmula es la siguiente:

$$E_B = (A^n/n!) / (1 + A + A^2/2! + \dots + A^n/n!)$$

Donde n es el número de circuitos para el servicio, A es la intensidad de tráfico y  $E_B$  es el grado de servicio.

El siguiente paso será la obtención de diferentes tipos de matrices, las cuales nos ayudarán para poder dimensionar cada uno de los enlaces del anillo propuesto

A continuación presentaremos brevemente los puntos a seguir para lograr nuestro objetivo

- Nuestro primer reto es poder contar con una matriz de interés de tráfico entre cada una de las centrales involucradas en el trayecto. Las mediciones de tráfico se realizan en Erlangs y corresponden al número de llamadas originadas en una central por unidad de tiempo y por abonado, realizadas en la hora pico.

La matriz proyectada al año 2008 la edificamos extrapolando la matriz de interés de tráfico actual, basándonos en estudios efectuados en la Empresa de Telecomunicaciones del Pacífico (PACIFICTEL).

- Esta nos ayudará para construir, a su vez, otra matriz llamada matriz de circuitos. Se llega a ésta transformando mediante tablas estos erlangs a

número de circuitos de comunicación, valiéndonos de un factor llamado grado de servicio y que representa la relación entre el número de llamadas pérdidas por congestión y el número total de llamadas efectuadas, y cuyo valor  $E = 0.01$ , o sea del 1 %. (Cabe anotar que este valor varía dependiendo del criterio del diseñador de la red).

- Ahora lo siguiente será convertir estos números de circuitos en números de canales o tributarios de 2 Mb/s. Lo único que hay que hacer es dividir el número de circuitos de voz entre 30, ya que ésta es la cantidad de circuitos de voz que se pueden enviar, rigiéndonos por la tecnología PCM (Pulse Code Modulation) europea, a través de un MIC.
- Tomaremos esta matriz y la haremos simétrica. Esto es debido a que el tráfico originado en una central A y que se dirige a una central B, puede diferir de valor en el sentido contrario. Dado que debemos de dimensionar el canal para que pueda soportar el mayor de los dos tráficos, se escogerá el valor de tributarios de 2 Mb/s o MIC's en el sentido en que es mayor. Debido a esto, y a que el canal debe ser bidireccional, construiremos la matriz simétrica, de modo que el tráfico, entre dos centrales, en ambos sentidos sea igual.
- Ya con esta matriz, empezaremos a construir dos tipos de matrices:
  - 1) **Matriz de Tráfico Interno.** Para esta tomaremos en cuenta sólo el tráfico generado entre las centrales intervinientes en la ruta Guayaquil – Machala. Es decir, el tráfico que se dirige al resto de los países del Area Andina: Venezuela, Colombia, Perú y Bolivia queda excluido (Ver Anexo 4).
  - 2) **Matriz de Tráfico Externo.** Aquí sólo se tomará en cuenta el tráfico entre los países del Area Andina, incluyendo al Ecuador. Además se considerará el tráfico satelital actual cursado por las estaciones terrenas de Guayaquil y Quito por cuanto nuestra red forma parte de las rutas terrestres en lo que respecta al Corredor Andino Digital que enlaza el Área Andina al resto del mundo (Ver Anexo 4).

- El número de tributarios que viajarán a través de cada enlace internodos del anillo SDH se obtiene de sumar la mitad del total del tráfico interno del anillo, con el total del tráfico externo del anillo. De esta forma queda concluido el dimensionamiento de la red SDH planteada

## **4.2 PROYECCIÓN DE MATRICES DE TRÁFICO, CIRCUITOS Y MICs**

### **MATRIZ DE TRÁFICO ACTUAL**

Esta matriz contiene las mediciones de tráfico directo entre centrales, en Erlangs, realizadas por PACIFICTEL, para el presente año. Utilizando como base esta matriz se realizaron las proyecciones de tráfico futuras (Ver Anexo 4).

### **MATRIZ DE TRÁFICO PROYECTADA PARA EL AÑO 2008**

Esta matriz se proyectó tomando como referencia la matriz actual de tráfico, para el efecto se procedió a dividir todo el tráfico saliente de cada central para la población actual por provincias según sea el caso de Guayas, EL Oro, Azuay o Loja y a este resultado se lo multiplicó por la población proyectada para la central en cuestión. En el caso del Tráfico Internacional se consideró el crecimiento poblacional anual de cada uno de los países miembros del Área Andina y de los países con los cuales el Ecuador mantiene conexión internacional vía satélite (Ver Anexo 4).

## **MATRIZ DE CIRCUITOS PARA EL AÑO 2008**

Esta matriz fue proyectada basándose en la matriz de tráfico para el 2008. Para llevar esto a cabo se utilizaron las tablas de conversión de erlangs a circuitos utilizando un grado de servicio de 0.01, es decir, este factor representa que de cada 100 llamadas realizadas una es completada (Ver Anexo 4)

## **MATRIZ DE MIC'S PARA EL AÑO 2008**

Esta matriz tiene su principio en la matriz de circuitos anterior, el número de MICs es obtenido dividiendo para treinta cada uno de los valores de la matriz de circuitos. Esto se fundamenta en que un flujo de 2 Mbps está constituido por treinta canales de voz (Ver Anexo 4)

## **MATRIZ DE MICs PARA EL AÑO 2008 CON EL 20% DE FLEXIBILIDAD**

Esta matriz es obtenida agregando el 20% al valor original de la matriz de MICs anterior, esto se hace con el objeto de garantizar una mayor confiabilidad al dimensionamiento de la red, puesto que en el futuro podrían presentarse valores de tráfico, mayores a los estimados en la proyección (Ver Anexo 4)

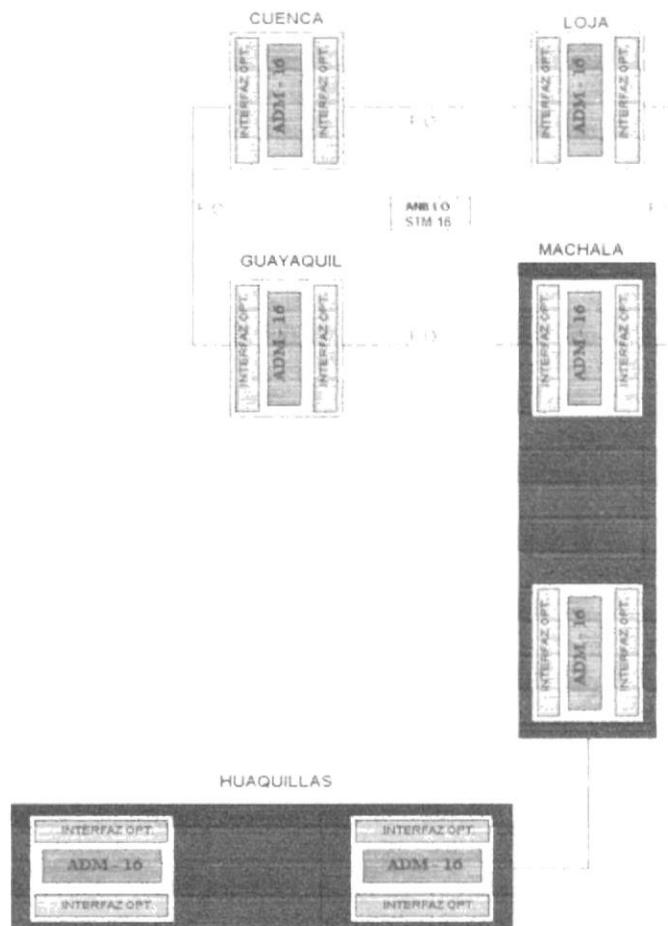
## **MATRIZ SIMÉTRICA DE MICs PARA EL AÑO 2008**

La matriz de MICs anterior se la hizo simétrica. Esto es debido a que el tráfico entre una central A y una central B no necesariamente es el mismo que en sentido contrario, y debemos dimensionar la ruta de transmisión para que soporte el mayor de estos dos tráficos. La matriz simétrica contiene el valor de MICs entre centrales, para el sentido en que este sea mayor



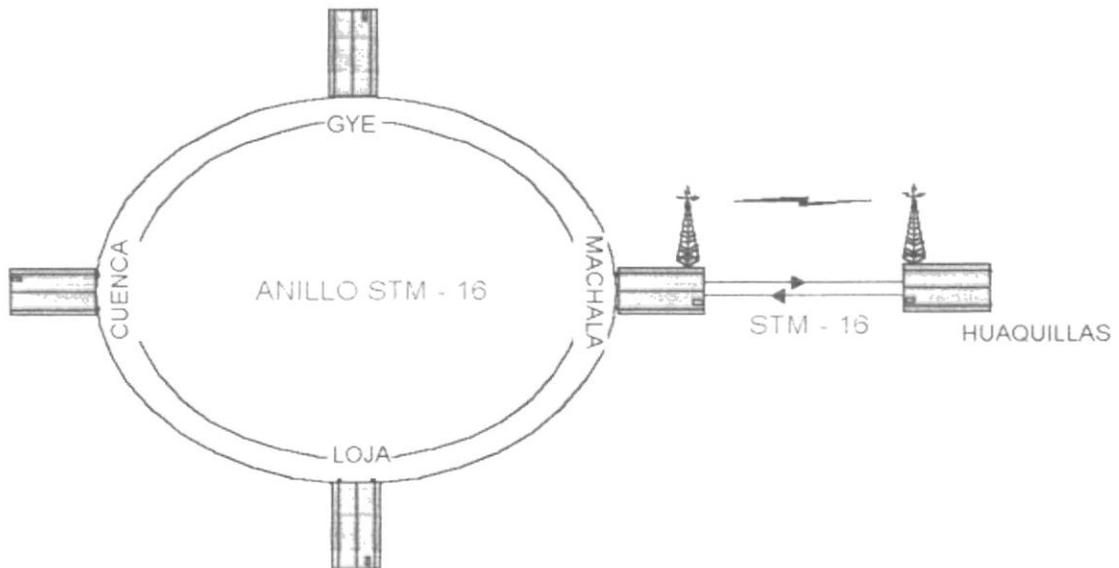
### 4.3 Dimensionamiento de la Red Propuesta

(Tráfico Interno / 2) + Tráfico Externo = 101 + 34 = 135. Se requerirán 135 Tributarios de 2.048 Mbit/s para satisfacer las necesidades de Tráfico Telefónico de la Red pero debido a la necesidad de proporcionar una creciente demanda de servicios como son datos, video, televisión que forman parte de la RDSI se hace necesario implementar un sistema STM – 4 con transmisión de 620 Mbps, sin embargo podemos implementar un sistema STM16 (2.5 Gbps) ya que dejaremos una reserva para contingencia a la transmisión por el cable panamericano y el sistema satelital, ambos proyectos complementarios de las rutas terrestres del Corredor Andino Digital



**Figura 4.3 Diagrama de bloques Red Propuesta**

La Figura 4.4 Contiene el diagrama de la red de fibra óptica para la red SDH propuesta, en el cual se muestran los enlaces intercentrales de fibra óptica que se proponen implementar.



**Figura 4.4 Diagrama de la red propuesta**

#### 4.4 PLANEAMIENTO DE LA TRANSMISION

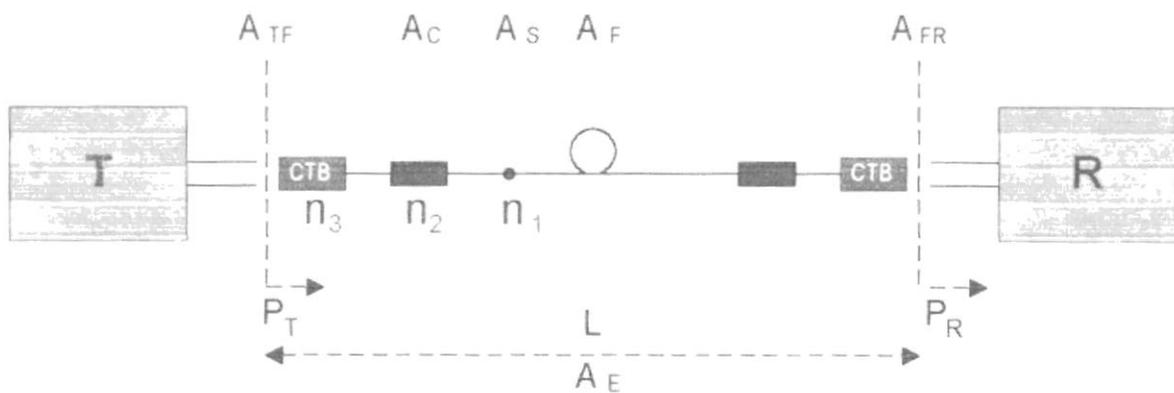
##### **Planificación de Atenuación para conductores de Fibra Óptica Monomodo y Multimodo**

La atenuación del enlace  $A_E$  de una instalación de cables está formada por, las pérdidas de Inserción (tanto del Transmisor a la Fibra como de la Fibra al Receptor), las pérdidas en conectores, pérdidas en las Cajas de Distribución de Fibra, pérdidas debidas a la longitud del cable, coeficiente de atenuación de la fibra ( $\alpha_F$ ) y las atenuaciones en los empalmes  $A_S$ .

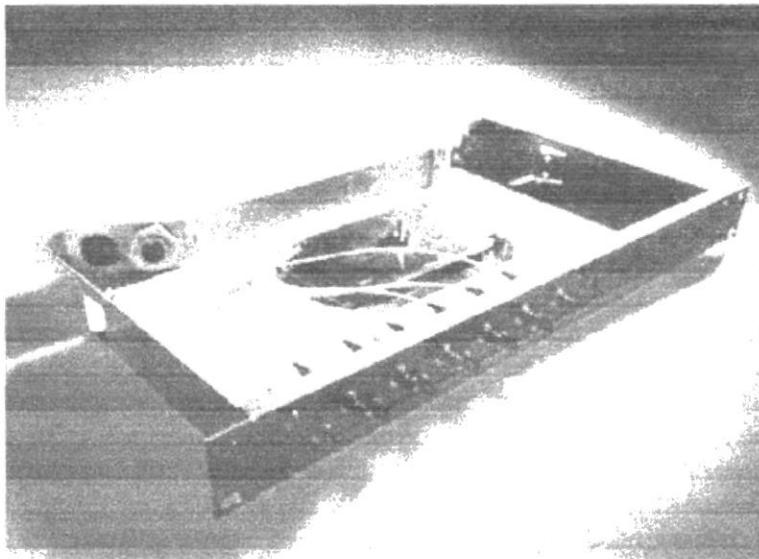
La fórmula es la siguiente:

$$A_E = A_{TF} + n_1 \cdot A_S + n_2 \cdot A_C + n_3 \cdot A_{CTB} + \alpha_F \cdot L + A_{FR} \quad (\text{dB})$$

- $A_{TF}$  Pérdida de Inserción del Transmisor a la fibra (dB) (típico 3 dB)  
 $n_1$  Número de Empalmes (s)  
 $n_2$  Número de Conectores (c)  
 $n_3$  Número de Cajas de Distribución de Fibra (CTB)  
 $A_S$  Atenuación del Empalme (dB) (típico 0.05)  
 $A_C$  Atenuación del Conector (dB) ( típico 0.5)  
 $A_{CTB}$  Atenuación en la Caja de Distribución de Fibra ( típico 0.05)  
 $A_{FR}$  Pérdida de Inserción de la fibra al Receptor (dB) (típico 3dB)  
 $\alpha_F$  Coeficiente de atenuación de la fibra, en dB / Km (0.25 dB / Km )  
 $L$  Longitud del Enlace (Km)



**Figura 4.5 Ilustración fórmula para cálculo de atenuación**



**Figura 4.6 Caja de distribución de fibra óptica**

### **Margen de Atenuación de Reserva ) ( $A_R$ )**

El margen de atenuación de reserva del sistema es el número de decibelios disponibles. De aproximadamente 5 dB es considerado suficiente para cubrir incrementos de atenuaciones causados por variaciones de temperatura, envejecimiento, reparaciones del cable en el caso que se produzcan roturas en lo posterior, etc

$$A_T = A_E + A_R$$

$A_T$  Atenuación Total del enlace (dB)

$A_E$  Atenuación del enlace (dB)

$A_R$  Atenuación de Reserva (dB)

Para calcular las pérdidas de atenuación de nuestra ruta lo realizamos por tramos diferentes esto es, por que es necesario colocar repetidores por que la distancia es muy grande.

El repetidor que utilizamos es un amplificador óptico.

Para el cálculo de atenuación del enlace se debe considerar, la longitud de los tramos, las características del equipo transmisor, receptor y amplificador óptico, a continuación se muestran los siguientes cálculos

### DATOS DE PLANEAMIENTO DE LA TRANSMISIÓN

	Unidad	Longitud de onda óptica, nm						
		1280 a 1335		1510 a 1560		1530 a 1555		
<b>Lado transmisión</b>								
Diodo láser		Version estándar realimentación distribuida	Version alta potencia realimentación distribuida	Version estándar realimentación distribuida	Version alta potencia realimentación distribuida			
Clase de uso Del CCITT G.957		L-16.1/S-16.1	JE-16.1	L-16.2/L-16.3	JE-16.2/JE-16.3			
Ancho espectral (-20)	nm	<1	<1	<0.5	<0.3			
Supresión de modo espúreos	dB	>30	>30	>30	>30			
Factor de extinción		<0.1	<0.1	<0.1	<0.15			
Nivel de transmisión (Punto S de CCITT G.956)	dBm	-3 a 0	-1 a +2	-3 a 0	-1 a 2	con amplif óptica +11 a 14		
<b>Lado de recepción</b>								
Diodo receptor		Ge-APD			III/V-APD			
Clase de uso del CCITT G.957		L-16.1/S-16.1			L-16.2/S-16.3			
Nivel de recepción (Punto R de CCITT G.956)	dBm	-27 a 0			-28 a 6			
<b>Sección regenerador</b>								
(Características entre punto S y R)								
Tipo de fibra: <b>Monomodo</b> Clase de uso del CCITT G.957				L-16.2	L-16.3	JE-16.2	JE-16.3	
Dispersión permitida	Pshm	300	300	1220	600	1800	900	900
Pérdida por dispersión	dB	<1	<1	<2	<1	<2	<1	<1
Atenuación de la sección Permitida (máx. dispersión)	dB	0 a 23	2 a 25	6 a 23	6 a 24	8 a 25	8 a 26	20 a 38

**Tabla 4.2 Planeamiento de la Transmisión**

## CÁLCULO DE ATENUACIÓN DE LA RUTA CONSIDERANDO UNA LONGITUD DE ONDA DE $\lambda = 1550$ nm

Para la ruta Guayaquil – Machala tenemos:

### PRIMER TRAMO

$$\begin{aligned}n_1 &= 19 \\n_2 &= 2 \\n_3 &= 1 \\L &= 40 \text{ Km.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_E &= 3 + (19 \cdot 0.05) + (2 \cdot 0.5) + (1 \cdot 0.05) + (0.25 \cdot 40) + 3 \quad (\text{dB}) \\A_E &= 18 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_T &= A_E + A_R \\A_T &= 18 + 5 \\A_T &= 23 \text{ dB}\end{aligned}$$

$$P_R = P_T - A_T$$

$P_R$       Potencia de Recepción

$P_T$       Potencia de Transmisión

Entonces para el primer tramo tendríamos la siguiente potencia de recepción, sabiendo que la potencia de transmisión del equipo es de +1 dBm.

$$P_R = +1 \text{ dBm} - 23 \text{ dB}$$

$$P_R = -22 \text{ dBm}$$

Este es un valor aceptable para las características de operación del repetidor óptico

De acuerdo a la función de transferencia del repetidor de fibra dopado con Erblio tenemos que para una señal de entrada de  $-22$  dBm se tiene una potencia de salida de  $+12.5$  dBm

### SEGUNDO TRAMO

$$n_1 = 44$$

$$n_2 = 2$$

$$n_3 = 0$$

$$L = 90 \text{ Km}$$

$$A_E = 3 + (44 \cdot 0.05) + (2 \cdot 0.5) + (0.25 \cdot 90) + 3 \text{ (dB)}$$

$$A_E = 31.7 \text{ dB}$$

$$A_T = A_E + A_R$$

$$A_T = 31.7 + 5$$

$$A_T = 36.7 \text{ dB}$$

$$P_R = P_T - A_T$$

$$P_R = +12.5 \text{ dBm} - 36.7 \text{ dB}$$

$$P_R = -24.2 \text{ dBm}$$

De la misma forma este valor de potencia en el receptor óptico es aceptable Asimismo de acuerdo al nivel de recepción de  $-24.2$  dBm se obtiene una Potencia de Transmisión de  $+12$  dBm

**TERCER TRAMO**

$$n_1 = 26$$

$$n_2 = 2$$

$$n_3 = 1$$

$$L = 54 \text{ Km}$$

$$A_E = 3 + (26 \cdot 0.05) + (2 \cdot 0.5) + (1 \cdot 0.05) + (0.25 \cdot 54) + 3 \text{ (dB)}$$

$$A_E = 21.85 \text{ dB}$$

$$A_T = A_E + A_R$$

$$A_T = 21.85 + 5$$

$$A_T = 26.85 \text{ dB}$$

$$P_R = P_T - A_T$$

$$P_R = +12 \text{ dBm} - 26.85 \text{ dB}$$

$$P_R = -14.85 \text{ dBm}$$

En cambio este valor de potencia sería el que recibe el equipo STM-16 ubicado en Machala el cual esta en el rango de aceptación como se muestra en la tabla de planeación (Tabla 4.2)

**TRAMO CENTRAL MACHALA – CENTRAL HUAQUILLAS****PRIMER TRAMO**

$$n_1 = 19$$

$$n_2 = 2$$

$$n_3 = 1$$

$$L = 40 \text{ Km}$$

$$A_E = 3 + (19 \cdot 0.05) + (2 \cdot 0.5) + (1 \cdot 0.05) + (0.25 \cdot 40) + 3 \text{ (dB)}$$

$$A_E = 18 \text{ dB}$$

$$A_T = A_E + A_R$$

$$A_T = 18 + 5$$

$$A_T = 23 \text{ dB}$$

Entonces para el primer tramo tendríamos la siguiente potencia de recepción, sabiendo que la potencia de transmisión del equipo es de +1 dBm

$$P_R = P_T - A_T$$

$$P_R = +1 \text{ dBm} - 23 \text{ dB}$$

$$P_R = -22 \text{ dBm}$$

Este es un valor aceptable para las características de operación del repetidor óptico.

De acuerdo a la función de transferencia del repetidor de fibra dopado con Erblio tenemos que para una señal de entrada de -22 dBm se tiene una potencia de salida de +12.5 dBm

### SEGUNDO TRAMO

$$n_1 = 16$$

$$n_2 = 2$$

$$n_3 = 0$$

$$L = 34 \text{ Km}$$

$$A_E = 3 + (16 \cdot 0.05) + (2 \cdot 0.5) + (0.25 \cdot 34) + 3 \text{ (dB)}$$

$$A_E = 16.35 \text{ dB}$$

$$A_T = A_E + A_R$$

$$A_T = 16.35 + 5$$

$$A_T = 21.35 \text{ dB}$$

$$P_R = P_T - A_T$$

$$P_R = -12.5 \text{ dBm} - 21.35 \text{ dB}$$

$$P_R = -8.85 \text{ dBm}$$

De la misma forma este valor de potencia en el receptor óptico es aceptable, para el rango de operación del equipo

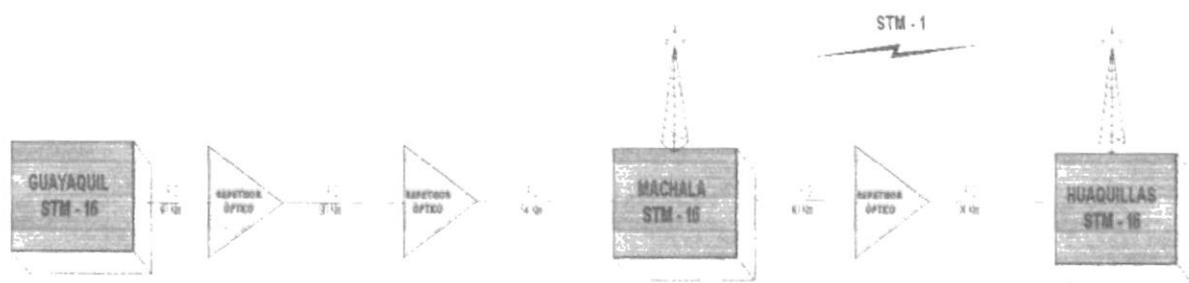
De lo que obtenemos que se requieren en total ubicar dos repetidores en el trayecto Guayaquil - Machala y un repetidor para la conexión Machala - Huaquillas. (Figura 4.7)

**Tabla 4.3 RESULTADOS DEL CALCULO DE ATENUACIÓN  
GUAYAQUIL - MACHALA**

	DISTANCIA (Km)	NÚMERO DE EMPALMES	ATENUACIÓN TOTAL DEL TRAMO (dB)	POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	POTENCIA DE RECEPCIÓN (dBm)
TRAMO 1	40	19	23	1	-22
TRAMO 2	90	44	36.7	12.5	-24.2
TRAMO 3	54	26	26.85	12	-14.85

**MACHALA - HUAQUILLAS**

	DISTANCIA (Km)	NÚMERO DE EMPALMES	ATENUACIÓN TOTAL DEL TRAMO (dB)	POTENCIA DE TRANSMISIÓN (dBm)	POTENCIA DE RECEPCIÓN (dBm)
TRAMO 1	40	19	23	1	-22
TRAMO 2	34	16	21.35	12.5	-8.85



**Figura 4.7 Ubicación de las centrales y repetidores en la ruta Guayaquil - Machala - Huaquillas**

## DISPERSIÓN DE CONDUCTORES DE FIBRA ÓPTICA MONOMODO

### ENSANCHAMIENTO DEL PULSO

Cuando se planifican instalaciones con sistemas digitales, en los cuales se utiliza exclusivamente diodos láser, se puede despreciar en general el ancho de banda del conductor de fibra óptica monomodo, dado que el mismo penetra en la gama de los GHz y en consecuencia cada una de las atenuaciones (conductor de fibra óptica, empalmes y reservas ) limita la longitud del campo regenerador

Para los conductores de fibra óptica monomodo se utiliza la dispersión en lugar del ancho de banda, pudiéndose calcular en base a ello, en forma particular el ensanchamiento del pulso correspondiente al láser.

$$\Delta T = M(\lambda) * \Delta\lambda * L$$

$\Delta T$  = ensanchamiento del pulso, en ps

$M(\lambda)$  = dispersión cromática, en ps / (nm\* Km.)

$\Delta\lambda$  = ancho espectral medio del emisor, en nm

$L$  = longitud del conductor de fibra óptica, en Km.

**El ensanchamiento del pulso será calculado para cada conductor de fibra óptica y es el mismo en toda la ruta.**

**Datos:**

$M(\lambda) = 4$  ps / (nm\* Km.)

$\Delta\lambda = < 1$  nm

$L = 2.1$  Km

$$\Delta T = 4 \text{ ps / (nm* Km) } * 1 \text{ nm } * 2.1 \text{ Km}$$

$$\Delta T = 8.4 \text{ ps}$$

## CALCULO DEL ANCHO DE BANDA DEL CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA:

Una vez obtenido el ensanchamiento del pulso podemos calcular el Ancho de Banda del Conductor de Fibra Óptica utilizado mediante la ecuación:

$$B = 0.375 / \Delta T \quad (\text{en GHz})$$

$$B = 0.375 / 8.4 \text{ ps}$$

$$B = 44.64 \text{ GHz}$$

### 4.5 SELECCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

Luego de haber seleccionado la velocidad de transmisión en la ruta SDH analizada, se procede a determinar que equipos son los más apropiados para instalarse en los nodos, ya que cada multiplexor maneja cierto tipo de velocidades de transmisión.

Debe tenerse en cuenta que no importa la marca del fabricante de los equipos, sino que cada uno de estos dispositivos electrónicos cumplan con las especificaciones respectivas normadas por la UIT. Puesto que la red debería de funcionar aún con equipos de una diversidad de fabricantes. En otras palabras no interesa cómo están contruidos los equipos, mas bien, sí interesa si estos equipos cumplen con las especificaciones respectivas. Esta es una de las ventajas de las normalizaciones.

### EQUIPOS DE LA RED PROPUESTA

A continuación se presenta una lista de los equipos seleccionados y la cantidad requerida una vez realizado el diseño de la ruta.

EQUIPOS	CANTIDAD
CROSS CONECTOR	2
MULTIPLEXOR ADM - 16	6
REPETIDORES	2
FIBRA MONOMODO	258 Km
INTERFACES ÓPTICAS	5
INTERFACES ELÉCTRICAS	3
CAJAS DE EMPALMES	125
CONECTORES	168

**Tabla 4.4 Equipos de la red propuesta**

Como podemos apreciar en el cuadro anterior, se necesitarían 165 empalmes a lo largo de la ruta lo cual significa la protección de los mismos por medio de sus respectivas cajas de empalme. Estas cajas de empalme deberán ser colocadas en pozos de revisión, cuyo esquema básico podemos verlo en el Anexo 5 de este proyecto.

#### 4.6 ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Para el análisis económico del proyecto se ha considerado los costos de los equipos de transmisión e instalación de los mismos, así como también el costo del enlace, en el cual utilizaremos el tendido directamente enterrado, considerando además el tendido por conducto existente (canalizado).

Tabla 4.5 COSTOS DE LOS EQUIPOS DE TRANSMISIÓN				
	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD( U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Multiplexor ADM-16	material	200000	3	600000
Cross Conector	material	50000	1	50000
Repetidor Óptico	material	50000	3	150000
Instalación de los Equipos	inst diseño y prueb aceptac	10% de los Equipos		80000
			<b>TOTAL</b>	<b>880000</b>

Tabla 4.6 COSTOS DEL ENLACE

TRAMO GUAYAQUIL - DURÁN TENDIDO POR CONDUCTO (EXISTENTE)				
	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD( U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Verificación y Alambrado de vías	material y m/o	0 3/m	10000	3000
Limpieza de los pozos	m/o			60000
Fibra Óptica Monomodo(12 hilos)	material	5/m	10000	50000
Tendido del Cable x m	m/o	0 4	10000	4000
Caja de Empalme	material	350	5	1750
Empalmes (Fibra 12 hilos)	m/o	1000	5	5000
			<b>TOTAL</b>	<b>123750</b>

TRAMO DURÁN - UNIVERSIDAD DE MACHALA TENDIDO ENTERRADO (167 Km.)				
	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD (U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Fibra Óptica Monomodo (12 hilos)	material/m	7xm	167000	1169000
Instalación de la Fibra	Incluyendo la Máquina de Enterrado	3xm	167000	501000
Caja de Empalmes	material	350 c/u	83	29050
Empalme (fibra 12 hilos)	m/o	1000	83	83000
Construcción de las Cámaras (pozos)	mat y m/o	600	83	49800
			<b>TOTAL</b>	<b>1831850</b>

TRAMO UNIVERSIDAD DE MACHALA - CENTRAL DE MACHALA (CANALIZADO 7 Km)				
	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD (U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Fibra Monomodo (12 hilos)	materialxm	5	7000	35000
Verificación y Planta	material y m/o	0.3	7000	2100
Limpieza de los pozos	m/o			60000
Tendido del Cable	m/o	0.4	7000	2800
Caja de Empalme	material	350	3	1050
Empalmes (fibra 12 hilos)	m/o	1000	3	3000
			<b>TOTAL</b>	<b>103950</b>

UNIVERSIDAD DE MACHALA - HUAQUILLAS (ENTERRADO 74 Km)				
	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD (U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Fibra Monomodo (12 hilos)	material x m	7	74000	518000
Tendido del Cable x m	máquina de enterrado de cable	3	74000	222000
Caja de Empalmes	material	350	36	12600
Empalmes (fibra 12 hilos)	m/o	1000	36	36000
Construcción de las Camaras Especiales para Empalmes (pozos)	material y m/o	600	36	21600
			<b>TOTAL</b>	<b>810200</b>

El costo total del proyecto lo podemos apreciar en el siguiente cuadro resumen (continuación de las Tablas 4.5 y 4.6), en donde están contemplados los costos de los equipos de transmisión, los costos de los enlaces de acuerdo a los tramos considerados, además de los conectores utilizados a lo largo de la ruta

	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD (U.S.D. \$)	CANTIDAD	TOTAL U.S.D.\$
Conectores		5.5	120	660

<b>COSTO TOTAL DEL ENLACE PROPUESTO</b>				<b>3750410</b>
---	--	--	--	----------------

## COSTOS DE MANTENIMIENTO POSTERIOR POR RUPTURA DEL CABLE

Estos valores solo será un presupuesto estimado para realizar una reparación en caso de ruptura del cable de fibra óptica

	COMENTARIO	PRECIO/UNIDAD (U.S.D. \$)
Por ruptura del cable de fibra óptica	para realizar un empalme	1000
	caja de empalme	350
	utilización de máquinaria	150
	mano de obra	200
	<b>TOTAL</b>	<b>1700</b>

**Tabla 4.7 Costos de mantenimiento**

## **CAPITULO V**

# **ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS Y TECNICAS DE MONTAJE**

## ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS Y TECNICAS DE MONTAJE

Los equipos de transmisión sincrónicos, sin importar cual sea su fabricante, deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas, conforme con las recomendaciones de la UIT y CCITT.

<b>Velocidad y Estructura:</b>	Según las normas G 707, G709 ITU-T
<b>Interfaz de nodo de red:</b>	Según la norma G 708 ITU-T
<b>Multiplexación:</b>	Según las normas G 782, G 783, G 781 ITU-T
<b>Interfaces eléctricas:</b>	Según las normas G 703 ITU-T
<b>Sincronización:</b>	Según las normas G 703, G 783, G 81s
<b>Interfaces ópticas</b>	Según la norma G 957. Del cuadro 1/G 957 se tomarán los parámetros correspondientes al "Código de aplicación" S-16.1.
<b>Interfaz de operación y mantenimiento.</b>	Según G 784

### 5.1 MULTIPLEXOR SÍNCRONO DE EXTRACCIÓN INSERCIÓN DE 2.5 Gb/s (STM- 16)

**Tabla 5.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ADM – 16**

Tributarios Plesiocronos	140 Mb/s
Tributarios Eléctricos y Ópticos Sincronos STM - 1	155 250 Mb/s
Tributarios Óptico Sincronos STM-4	622 Mb/s
Selección de Interface Óptico para transmisión sobre fibras	G652, G653 y G654
Cross Conector	VC 4

El sistema ADM 16 cumple con la jerarquía digital síncrona (JDS) definida en las recomendaciones ITU-T. Es un sistema STM-16 para transmisión y extracción e inserción de señales STM-1 y STM-4.

Se pueden colocar en el multiplexor ADM hasta 8+1 (1 de reserva) unidades bitributarias a 140 Mbit/s y/o STM-1 o hasta 4 tributarios STM-4.

El sistema puede ser configurado como un equipo terminal de línea o como un multiplexor de extracción e inserción en configuraciones protegidas o desprotegidas para transmisiones sobre fibra normal o de dispersión desplazada.

El diseño mecánico del sistema es compacto y modular. El equipo se puede montar en bastidores que cumplen con la normativa ETS300119.

El bastidor del equipo puede contener hasta dos armazones del sistema STM-16.

Las dimensiones de las placas impresas de todas las unidades son del tipo doble eurocard (233 mm de alto x 220 mm de profundidad).

La parte superior se dedica al panel frontal de interconexión que alberga el acceso a los módulos de conmutación a la protección y de acceso a los distintos tributarios.

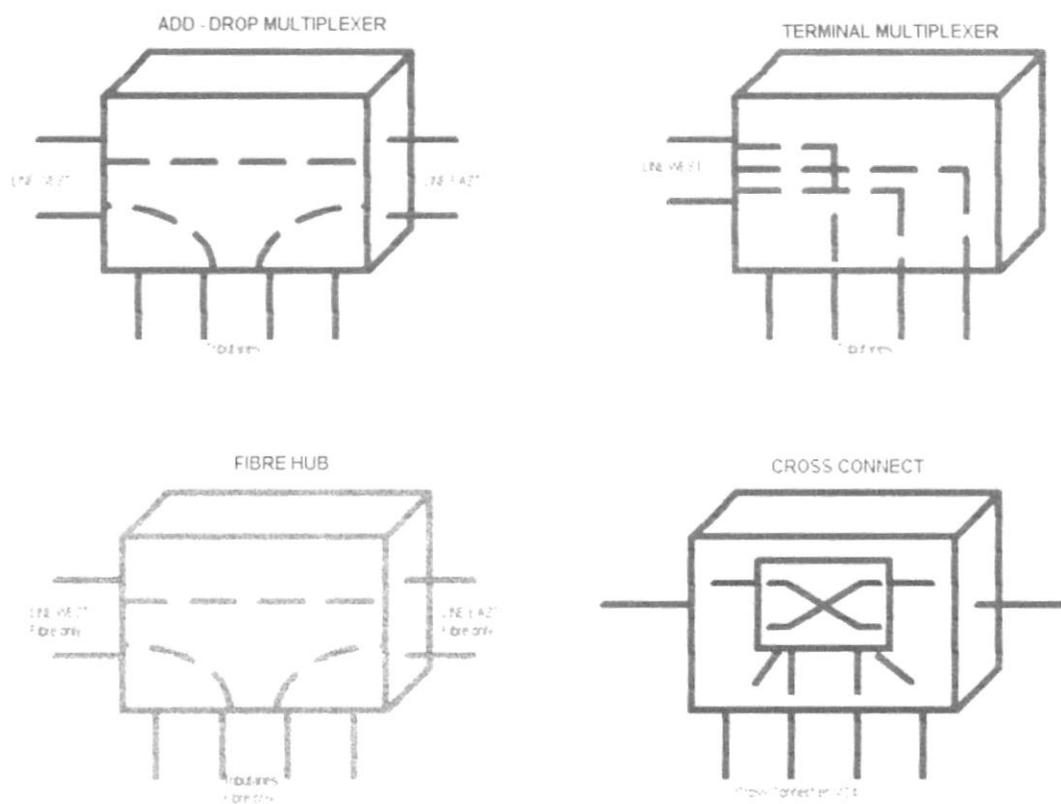
La parte más baja contiene ranuras para las siguientes unidades:

- 4 ranuras para unidades agregadas (dos ranuras pueden dedicarse también a albergar los amplificadores ópticos integrados).
- 1 ranura para el controlador del equipo
- 3 ranuras para unidades de alimentación

La sección intermedia del panel contiene ranuras para las siguientes unidades:

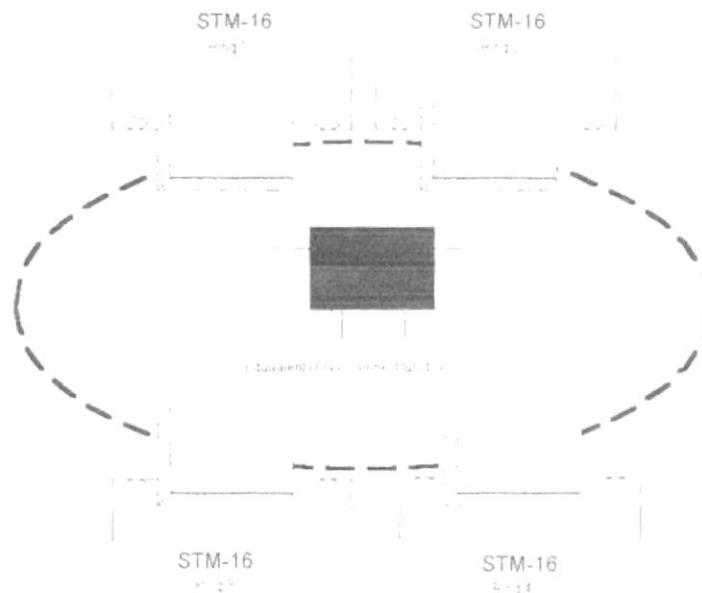
- 9 ranuras para tributarios

- 2 ranuras para unidades de referencia de reloj
- 1 ranura para una unidad auxiliar
- 2 ranuras para unidades conmutadoras.



**Figura 5.1 Aplicaciones del Sistema STM-16**

### OPERACIÓN CROSS –CONECTOR:



**Figura 5.2 Operación Cross Conector**

Una matriz de Cross Conexión de VC 4 permite la posibilidad de cambiar la asignación interna de la trama de las señales tributarias en la trama STM – 16

El sistema ADM – 16 se puede equipar con hasta 4 agregados STM – 16. El agregado STM – 16 es un interface bidireccional, un transmisor óptico STM – 16 y un receptor óptico STM – 16 se montan en cada unidad agregada (transceptor). Hasta dos agregados STM – 16 pueden ser reemplazados por dos unidades de amplificación óptica.

El sistema puede ser equipado con hasta 8+1 unidades bitributarias 140 / 155 Mb/s o STM – 1 o con hasta 4 unidades tributarias STM – 4.

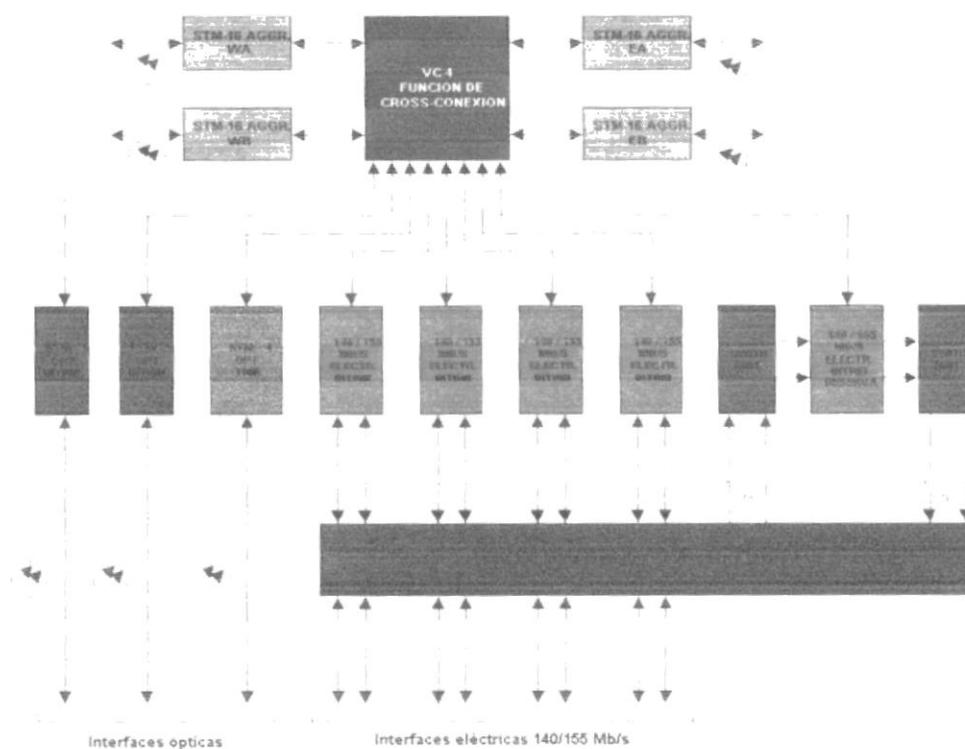
Tanto las tarjetas tributarias como bitributarias proporcionan un enlace bidireccional.

La modularidad del tráfico es equivalente a dos canales STM –1 para las unidades bitributarias y a cuatro canales STM –1 para las unidades tributarias STM – 4.

Los tributarios pueden ser de los siguientes tipos .

- 140/ 155 Mb/s eléctricos de acuerdo a G 703. La elección entre 140 ó 155 Mb/s se hace mediante SW desde el terminal local o desde el sistema de operación del elemento de red
- STM – 1 ópticos de acuerdo a G 957.
- STM – 4 ópticos de acuerdo a G.957.

Cualquier mezcla de tributarios es posible.



**Figura 5.3 Diagrama de Bloques del sistema STM – 16**

El sistema STM - 16 comprende lo siguiente:

- Multiplexor de línea sincrónico CONECTOR DE CRUZADA1/16
- Regenerador de Línea Sincrónico REGENERADOR DE LÍNEA 16
- Rack para la ubicación de los equipos de línea
- Software de manejo del Sistema SMSW

Las terminales operativas comerciales (PC o estación de trabajo) que pueden conectarse a cualquier equipo pueden ser utilizadas por personal de operación.

El multiplexor de línea CONECTOR DE CRUZADA1/16 está equipado con interfaces eléctricas en el lado F2. Se combinan cuatro entradas F2 en cada unidad de conexión del multiplexor, por ello hay cuatro salidas F2 en cada unidad de conexión del demultiplexor. Las entradas y salidas pueden estar equipadas de distinto modo para las direcciones de transmisión y recepción.

Cada entrada y salida individual puede seleccionar entre una señal sincrónico STM -1 y una señal plesiócrona de tasa bit nominal 139264 kb/ (140 Mb/s) según la recomendación G 703 del CCITT. La conmutación de las interfaces al tipo de señal requerida se realiza con el terminal operativo o mediante un display y un panel de control directamente en el equipo.

### **5.1.1 Medios de Transmisión:**

El equipo de línea SLA 16 se emplea en rutas con fibras ópticas monomodo. Las fibras ópticas se rigen por las recomendaciones G 652 y G 653 del CCITT. En términos de dispersión, las fibras según G 652 son optimizadas para la longitud de onda 1300 nm y las fibras G 653 para la longitud de onda 1550 nm. Las fibras G 652 pueden de todos modos emplearse para ambos rangos de longitud de onda. El equipo SLA puede equiparse con unidades de conexión ópticos para 1300 nm ó 1550 nm según se requiera.

### 5.1.2 Estructura de Principio de Ruta

Con las señales ópticas SDH el código de línea usado para la señal de línea STM – 16 es un código binario de forma NRZ (NRZ = no retorno a cero) según recomendación G 957 del CCITT.

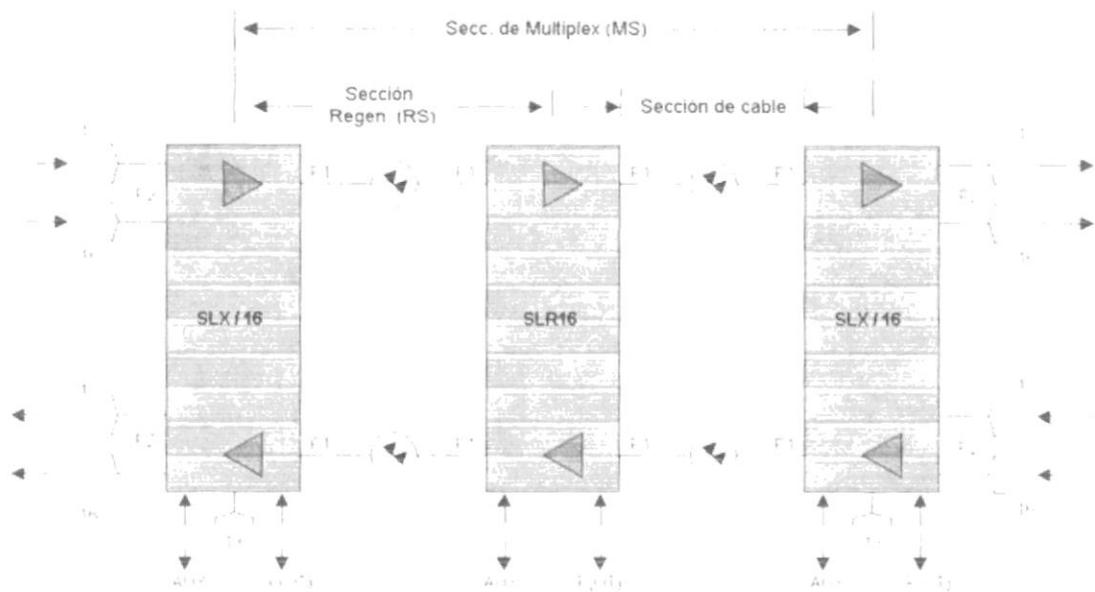
Las señales de línea también están aleatorizadas para mantener una aceptable transmisión del **reloj**.

En los regeneradores de línea la señal óptica que ingresa se convierte en una señal eléctrica, amplificada, regenerada y convertida nuevamente en señal óptica. Es posible el acceso aquí de una línea de servicio orderwire RS y canales auxiliares AUX.

Se puede emplear un máximo de 48 regeneradores REGENERADOR DE LÍNEA16 entre dos multiplexores de línea.

En la versión estándar para 1300nm, es posible en la práctica realizar secciones de regenerador con una pérdida de sección de cable de hasta 23 dB. Cuando se utilizan fibras monomodo para 1300 nm o 1550 nm con una atenuación suficientemente baja, le permite al regenerador espaciamientos cercanos a 42 Km. Una sección de multiplex con 48 regeneradores por lo tanto alcanza una longitud de 2060 Km.

Pueden lograrse rutas aun más largas poniendo en cascada varias secciones individuales terminadas con multiplexores de línea.



**Figura 5.4 Estructura de una ruta de transmisión con equipo de línea síncrono SLA16**

AUX	Canales Auxiliares	SLR16	Regenerador de líneas síncronico
F1	Interfaz F1: 2488 320 Mb/s Código NRZ, síncronico	SLX1/16	Multiplex de línea síncronico
F2	Interfaz F2: Electr 155 Mb/s, síncronico o 140 Mb/s, plesiocróno	T3	Conexión Reloj T3 in (T3out in preparación)
F(OT)	Interfaz para Terminal Operativo		

Un incremento de espaciamiento entre regeneradores puede lograrse en la longitud de onda de 1550 nm ya que el coeficiente de atenuación de la fibra óptica es menor que a 1300 nm. Si se usa un transmisor de alta potencia se puede obtener valores de atenuación de 26 dB .

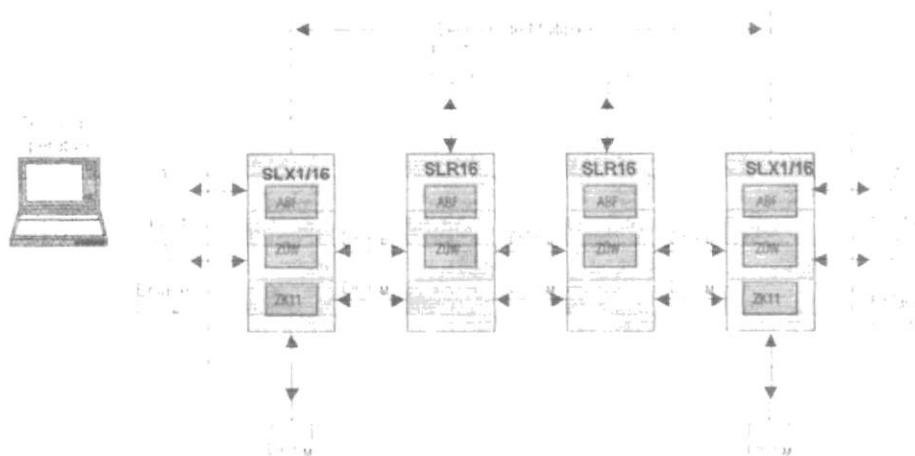
En condiciones locales semejantes cuando REGENERADOR DE LÍNEA no puede ser usado, por ejemplo en el caso de cable submarinos, las rutas pueden completarse mediante el empleo de amplificadores ópticos ONV

En el rango de longitud de onda de 1550 nm un amplificador óptico en el multiplexor de línea puede ser usado para obtener niveles de salida sobre el amplificador de alta potencia con un valor adicional de 12 dB. La sección regeneradora puede obtener valores de 150 Km

### 5.1.3 Monitoreo, Señalización de Alarma, Operación

El equipo de línea SLA16 está protegido por un sistema de monitoreo controlado por un microprocesador, cuyas características de funcionamiento se rigen por los estándares de las recomendaciones G 781 a G 784 del CCITT

Los estados de alarma y fallas detectados por los multiplexores de línea SLX1/16 y por los regeneradores de línea REGENERADOR DE LÍNEA16 son evaluados en la unidad de monitoreo central (ZUW) de cada equipo y son entregados a los equipos de monitoreo y display



**Figura 5.5** Equipo de monitoreo e interfaces de equipo de línea SLA16

ABF	Panel de control y Display
DCC <sub>M</sub>	Canal de comunicación de datos para sección de Multiplex
DCC <sub>R</sub>	Canal de comunicación de datos para sección Regenerador
DCC <sub>R link</sub>	Enlace DCC <sub>R</sub> de SLX a SLX entre las secciones Multiplex
F(OT)	Interfaz para Terminal Operativo ( vía Panel de Control y Display
SLR	Regenerador de línea sincrónico
SLX	Multiplex de línea sincrónica
ZK11	Unidad de conexión de "Canales Z1 F1"
ZUW	Unidad de monitoreo central.

Cada subrack está equipado con un panel de control y display (ABF) para la indicación de informes de alarmas y fallas por medio de LEDs. El panel de control y display incluyen también un módulo de control y display (ABM) que entrega textos alfanuméricos en un display de doble línea que anuncia la presencia de alarmas e informes.

El panel de control y display también contiene elementos de control y display del panel de señalización de alarma de estilo 7R de modo que los equipos pueden operarse con señalización de alarma de intercambio convencional.

Se puede conectar un terminal operativo mediante la interfaz terminal operativa F(OT) (interfaz V 24/RS-232-C). El terminal operativo puede tomar la forma de una PC portátil (PC laptop), una PC fija o una estación de trabajo y ofrece al usuario una interfaz (Window-X) conveniente, moderna de última generación y gráfica con operación de mouse.

#### 5.1.4 Operación y Gestión de la red

El modelo de operador en el que está basado el SLA subdivide la ruta de transmisión en secciones de multiplexación, los equipos de monitoreo y las interfaces de los equipos REGENERADOR DE LÍNEA y SLX que son importantes para la operación y gestión de red, el canal de comunicación de datos DCC<sub>R</sub> que

es el responsable del monitoreo de línea, y el canal de comunicación de datos  $DCC_M$  que puede usarse en base a un bit transparente para gestión de red.

Se puede tener acceso a todos los equipos de un área de red manejable mediante cada interfaz F(OT)

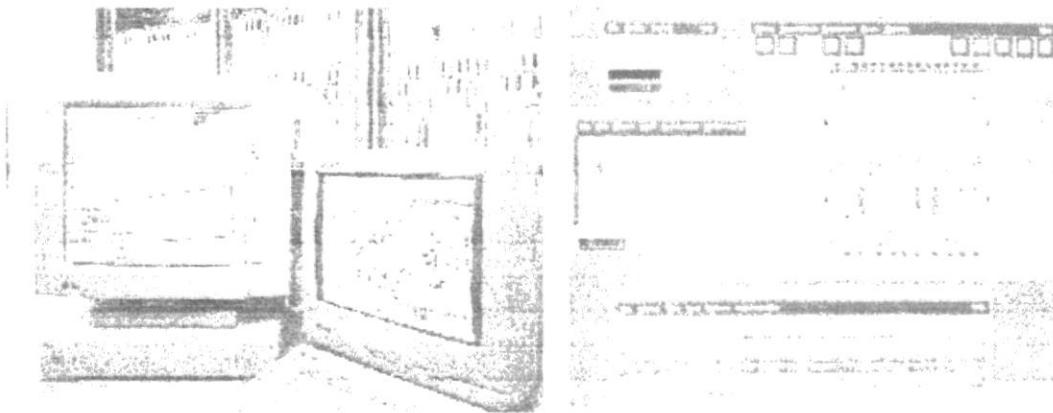
Los equipos están diseñados de modo que un terminal operativo no necesite estar conectado permanentemente durante la operación. Esto se requiere cuando se lo pone en servicio, para configuración de equipo y de línea, y para localización de falla y diagnóstico en el caso de perturbaciones y fallas, las cuales son indicadas en el panel de control y display mediante la señalización de alarma de intercambio convencional.

La conexión del equipo está preparada para la instalación de una interfaz Q según G.773 del CCITT, protocolo suite B2. Esto permite que el SLA sea incorporado a una **RED DE GESTIÓN DE TELECOMUNICACIONES (TMN)** de conformidad con un estándar futuro del CCITT.

Un interfaz  $DCC_M$  (Interfaz V.11, provista mediante una unidad de conexión de "canales Z1-F1") permite que el canal de comunicación de datos  $DCC_M$  (576 Kb/s) sea usado como un canal de bit transparente entre las estaciones terminales de una sección de multiplex tanto para el manejo de la red como para otras tareas.

El terminal operativo permite el manejo centralizado para el área de red, estando preparada la pantalla para ocho áreas de red.

El software de manejo del sistema provee un modo de monitoreo especial en el cual se presentaran informes espontáneos desde todos los equipos de un área de red manejable directamente en el terminal operativo.



**Figura 5.6 Gestión de la Red (Terminal Operativo)**

### 5.1.5 Aplicación en Redes de Transmisión

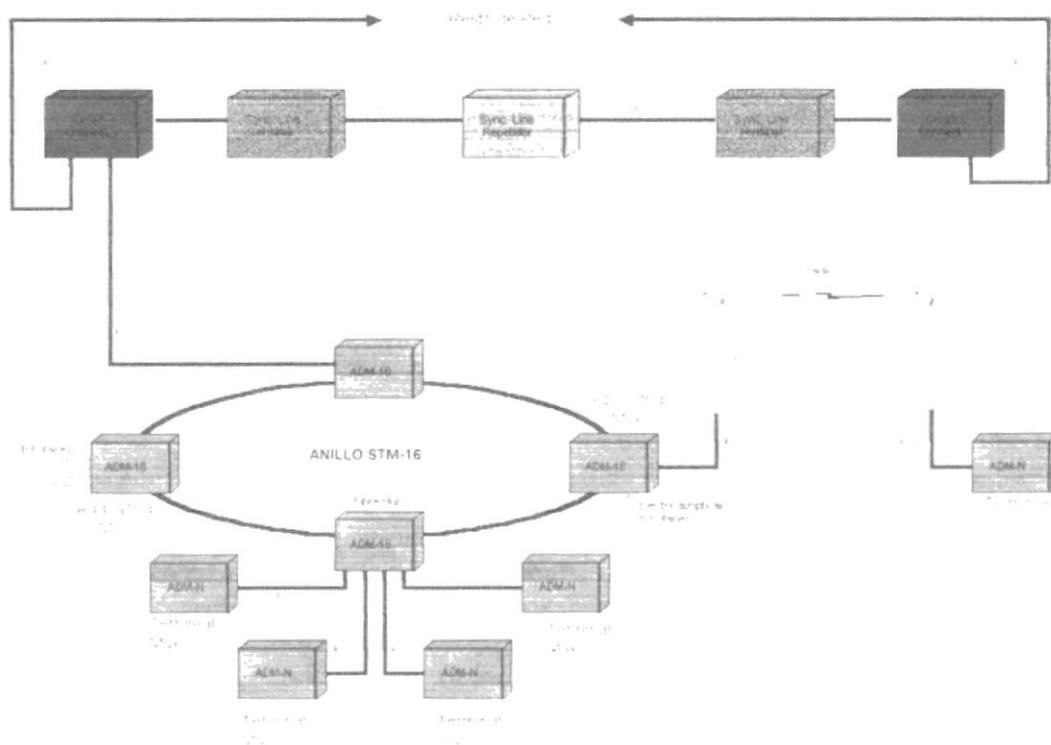
El diseño modular del equipo SLA16 permite ser empleado en un amplio rango de aplicaciones. Los siguientes bloques funcionales pueden ser optimizados para las aplicaciones con variantes y opciones diversas:

- Transmisor y receptor óptico con diferentes longitudes de onda (1300 o 1550 nm) y diferentes rangos para líneas de transmisión (F1)
- Amplificador óptico para obtener largas longitudes de regenerador, por ejemplo sobre rutas de cable submarino
- Interfaz de entrada (F2) conmutable para señal plesiócrona de 140 Mb/s o síncrona de 155 Mb/s.
- Interfaz F2 para transmisión óptica (en preparación)
- Interfaz del tipo Plug-in para acceso de los bytes de SOH (opción unidad plug-in ZK11)
- Equipamiento para línea de servicio (opción)

- El procesamiento de la señal de transmisión y recepción es desarrollado por unidades de plug –in separadas, la unidad de plug-in no es necesaria para transmisión de TV en distribución de señal

El sistema SLA está optimizado en las siguientes áreas de red:

- Enlaces troncales interoficinas (sin REGENERADOR DE LÍNEA)
- Líneas de larga distancia (con y sin REGENERADOR DE LÍNEA)
- Redes de distribución, por ejemplo distribución de TV (con y sin REGENERADOR DE LÍNEA)



**Figura 5.7** Aplicaciones del STM-16 dentro de una Red de Transmisión SDH

## 5.1.6 Unidades de equipo de línea y equipamiento (Configuración)

### ***Rack y distribuidor de energía***

El equipo de línea SLA16 contiene las siguientes partes

- Rack o bastidor
- Distribuidor de alimentación
- Multiplexor de línea síncrono SLA1/16
- Regenerador de línea síncrono REGENERADOR DE LÍNEA16

### ***Rack***

El bastidor corresponde a las dimensiones recomendadas por el ETSI (European Telecommunications Standard Institute)  $W = 600$  mm,  $2200$  mm,  $D = 200$  mm (vacío) y  $300$  mm (equipado)

Los equipos multiplexor de línea síncrono CONECTOR DE CRUZADA1/16 y regenerador de línea síncrono REGENERADOR DE LÍNEA16 se encuentran en el mismo tipo de bastidor y pueden ser usados para ambos tipos de equipo simultáneamente

El sub-bastidor de equipo se inserta en el bastidor desde el frente. Para mejorar facilidad de instalación se fijan dos soportes al frente de bastidor donde se colocará el sub-bastidor. El espacio ente el sub-bastidor y el costado del bastidor es usado para cableado de interconexión entre sub-bastidor y para cables de conexión de la estación. El espacio entre sub-bastidores se reserva para cables de fibras ópticas.

Cuando el bastidor ha sido cableado, todos los puntos de conexión (conectores) pueden ser manejados sin interrupción de la línea

La posición superior de montaje en el bastidor corresponde al distribuidor de energía con el circuito de llaves y los elementos de conexión del sistema.

La base del bastidor se encuentra abierta para la penetración del aire. El techo del bastidor también lo está para entrada de aire y cables. De esta forma se asegura una circulación de aire suficientemente para mantener los equipos a temperaturas ambiente mediante una convección libre de aire. La máxima disipación de calor desde el bastidor equipado totalmente es de 500 watt. Si fuese necesario en los shelter con alta temperatura se pueden colocar elementos de guía entre sub-bastidores.

El bastidor se fija mediante puntos sobre un riel. El kit para el fijado del bastidor en la instalación se encuentra disponible debajo de un estante. No se prevé el uso de puertas de clausura del bastidor.

### ***Distribuidor de energía***

El distribuidor de energía es insertado en la posición superior del bastidor. El voltaje de batería (El voltaje de batería (valor nominal -48 o -60 v) se distribuye a cada conexión de alimentación de los sub-bastidores mediante un circuito de llaves plug-in 8-A en el CONECTOR DE CRUZADA y mediante un circuito de llaves plug-in 4-a en el REGENERADOR DE LÍNEA. Una versión especial del distribuidor de alimentación tiene una línea negativa separada para la conexión de alimentación de baterías redundante. El máximo posible de corriente para el distribuidor es de 80 A.

El distribuidor de energía también puede contener elementos de conexión para el monitoreo y control de línea (por ejemplo, conector strip para señalización de Alarmas 7R).



### 5.1.7 Alimentación

El diseño para el equipamiento de línea SLA16 se encuentra provisto con un alimentador de energía descentralizado. De esta forma, cada unidad plug-in contiene una sección de alimentación que utiliza el voltaje desde la estación (-36 a -75 V ) y genera los voltajes necesarios para la operación de la unidad plug-in

El voltaje de batería  $U_B$  se conecta mediante un circuito de llave 8-A en el distribuidor de alimentación del bastidor hacia el sub-bastidor donde internamente se distribuye mediante un backplane al conector de la unidad de plug-in en la posición de montaje. El conector SIEDECOM posee a su lado un fusible de unidad plug-in (0.5 a, 0.8 a o 1.25 a ) para protección por fallas como ser corto-circuitos. Se previene de esta forma daños sobre la unidad plug-in

La función de la sección de alimentación de energía sobre la unidad plug-in incluye

- Conversión de voltaje de batería al voltaje de operación de la unidad plug-in del sistema y aislación DC entre ambos voltajes.
- Monitoreo de las tensiones de alimentación  $U$ , la corriente primaria y la corriente de salida. Los voltajes de operación generados en la unidad plug-in en cuestión pueden ser también chequeadas en el punto de medida de la misma
- Señalización de disturbio mediante la misma unidad plug-in. La falla en el voltaje de operación se indica mediante un Led Rojo sobre la unidad plug-in

La sección de alimentación de energía de la unidad de monitoreo centralizada alimenta al display y mediante un panel de control a una sección de energía separada

El voltaje externo  $\pm S = 12$  a  $70$  V ( por ejemplo desde el equipo de señalización luminosa) debe ser provista a los led del panel de señalización de alarmas sobre el display y al panel de control. Las fallas de alimentación general pueden ser señalizadas mediante esta misma vía también

La sección de alimentación de la unidad de canal de servicio orderwire también alimenta al panel de control del canal asociado

### **5.1.8 Operación con conmutación de protección de Línea**

#### ***Principio de conmutación de protección***

El equipamiento de línea SLA 16 está diseñado para la operación ( 1 + 1) con un sistema de conmutación automática de línea

Un circuito separador provee dos señales en forma permanente que se introducen en las vías de transmisión redundantes 1 y 2. El switch S3 sobre el lado de recepción de multiplexor de línea se usa para seleccionar aquella de las señales más aceptable. El switch es controlado mediante el ZUW.

El separador que permite separar las señales del canal principal y reserva se encuentra contenido en la unidad de multiplexación STM – 4. El cambio de canal principal a reserva se efectúa en forma simultánea gracias a la acción del software sobre los S3 en STM – 4 de la unidad de demultiplexación.

La sección de switching (entre el separador y conmutador S3) incluye los transmisores ópticos para STM – 16, las fibras ópticas y los regeneradores asociados y el receptor óptico para STM – 16.

Estas facilidades de transmisión se encuentran duplicadas para conmutación de protección (1 + 1).

Sobre el STM – 1 que lleva los canales de encabezamiento SOH se procede a transmitir en forma duplicada la información por el STM – 16 principal y la reserva.

***Criterio para la iniciación de la conmutación de protección:***

La conmutación de protección puede ser también iniciada manualmente sobre el terminal de operación o automáticamente desde el ZÜW. De acuerdo con la recomendación CCITT G.783 existe una jerarquía de prioridades para iniciar la función de conmutación. El criterio para la conmutación se efectúa de acuerdo con los siguientes niveles de prioridad:

- Conmutación manual forzada mediante el terminal de operación.
- Falla de señal de acuerdo con las siguientes fallas
- Ausencia de señal óptica LOS
- Pérdida de alineamiento de trama LOF
- Recepción de AIS
- Tasa de error superior a  $10^{-3}$  EBER
- Señal degradada con BER superior a  $10^{-6}$

La conmutación de protección selecciona entre la línea principal y la de reserva mediante los criterios anteriores en el orden de prioridad decreciente. Por ejemplo, si la línea principal tiene la alarma LOS y la de reserva la alarma señal degradada, la conmutación se efectúa sobre la reserva.

***Comentarios preliminares***

La conmutación de protección puede operar en modo unidireccional y modo no-reversivo. Estos términos tienen el siguiente significado.

Operación unidireccional: la conmutación es confinada a una dirección de transmisión solamente. El camino de retorno en la dirección opuesta no conmuta si no tiene alarmas asociadas.



**Interfaces eléctricas de 140 Mb/s F2 in /out según CCITT G.703**

Tasa de bit	139,264 Mb/s
Código	CMI
Voltaje nominal pulso Vpp	1V
Ecuación admisible para atenuación	
Del cable f	12 dB a 70 Mhz
Impedancia nominal	75 ohm
Jitter	CCITT G 823

**Interfaces eléctricas de 155 Mb/s F2 in /out según CCITT G.703**

Tasa de bit	139,264 Mb/s
Código	CMI
Voltaje nominal pulso Vpp	1V
Ecuación admisible para atenuación	
Del cable f	12 7dB a 78 Mhz
Impedancia nominal	75 ohm DESBALANCEADO
Jitter	CCITT G 958

**Interfaces ópticas de 155 Mb/s F2 in /out según CCITT G.703**

Tasa de bit	155.520 Mb/s
Código	Binario NRZ
Nivel de transmisión	-8 a -15 dBm
Longitud de onda de emisión	1300 nm
Atenuación óptica permitida	
Para línea de tributario	12 dB

## Interfaces para la sincronización de reloj de red según CCITT G.703

### *Interfaces de entrada T3 in*

Jerarquía CEPT, frecuencia de entrada	2048 kb/s
Voltaje de entrada V-p	0.5 a 1.9 balanceado
Conmutable a	0.375 a 1.5 desbalanceado
Impedancia de entrada	20 ohm balanceado
Conmutable a	75 ohm desbalanceado

### *Interfaz de salida T3 out (en preparación)*

Frecuencia de salida	2048 KHz
Voltaje de salida con par balanceado 120 o 1.6 Kohm	1.0 a 1.9 V
Voltaje de salida con par desbalanceado 75 ohm	0.75 a 1.5 V

## Interfaces para canales de comunicación de datos, orderwires y canales auxiliares

### *Interfaz de enlace DCC<sub>R</sub>*

Aplicación	Conexión de canal DCC <sub>R</sub> desde SLX a SLX entre secciones CCITT V.11 (RS-422)
Interfaz típica	similar CCITT V 11 (RS-422)
Modo de operación	transmisión serie con HDLC posibilidad full duplex

Tasa de bit	192 kb/s
Código de línea	NRZI
Esta reposo en línea	1 lógico (H o L con NRZI)
Línea masa	balanceada con cubierta a
Código de línea conexiones sobre 150 ohm	V11 terminado en panel de

### Canal de comunicaciones de datos DCC<sub>M</sub>

Aplicación	canal auxiliar AUX3 accesible mediante plug-in ZK11
------------	--

### Orderwire RS

Aplicación sección	microteléfono de mano para  regenerador SLX-SLR-SLX
Rango de frecuencia	300 a 3400 Hz
Modo de operación	4 hilos
Nivel de conexión	
F <sub>in</sub>	-4 o -14 dBr
F <sub>out</sub>	-4 o +4 dBr
Impedancia	600 ohm
Modo de señalización	selectivo
Llamada colectiva en banda (mseg)	secuencia 11001100 (10
Llamada colectiva fuera banda	E&M por hilos de señalización
Método de codificación	PCM
Tasa de bit	64 kb/s

## Orderwire MS

Aplicación	microteléfono de mano para
sección	
	multiplex SLX-SLX
Rango de frecuencia	300 a 3400 Hz
Modo de operación	4 hilos
Nivel de conexión	
Fin	-4 o -14 dBr
Fout	-4 0 +4 dBr
Impedancia	600 ohm
Modo de señalización	selectivo
Llamada colectiva en banda	secuencia 11001100.. (10
mseg)	
Llamada colectiva fuera banda	E&M por hilos de señalización
Método de codificación	PCM
Tasa de bit	64 kb/s

## Canales auxiliares (AUX)

### *Canal auxiliar AUX1*

Tipo de interfaz	similar a CCITT V.11
Interfaz de reloj	contradireccional
Tasa de bit	64 kb/s

### *Canal auxiliar AUX2*

Tipo de interfaz	similar a CCITT V.11
Interfaz de reloj y datos	

Lado transmisión	contradireccional
Lado recepción	codireccional
Tasa de bit	64 kb/s

### ***Canal auxiliar AUX3***

Tipo de interfaz	similar a CCITT V.11
Interfaz de reloj y datos	
Lado transmisión	contradireccional
Lado recepción	codireccional
Tasa de bit	576 kb/s

### ***Canal auxiliar AUX4***

Tipo de interfaz	similar a CCITT V.11
Interfaz de reloj	codireccional
Tasa de bit	64 kb/s

### ***Canal auxiliar AUX5***

Tipo de interfaz	similar a CCITT V.11
Interfaz de reloj y datos	
Lado transmisión	contradireccional
Lado recepción	codireccional
Tasa de bit	64 kb/s

### **Interfaz de datos similar a CCITT V.11**

Tasa de bit	64 o 576 kb/s
Formato de datos	NRZ
Conexión	balanceada

**Interfaz de transmisión**

Voltaje de señal de salida	
Potencial asignado CCITT V.11	
Línea a respecto a línea b	[2 - 5] V
Terminación RL	150 ohm
Línea conexión	balanceado

**Interfaz de recepción**

Voltaje de señal de salida	
Potencial asignado CCITT V.11	
Línea a respecto a línea b	[0.3 - 6] V
Terminación RL	150 ohm $\pm$ 10%
Línea conexión	balanceado
Voltaje mínimo de entrada	$\geq$ 0.3 V

**Interfaz datos para CCITT G. 703**

Tasa de bits	64 kb/s
Tasa de modulación	256 kb/s
Conexión	balanceada

**Interfaz de transmisión**

Terminación	120 ohm resistivo
Voltaje nominal de salida	1V
Señal temaria	aproxim. Rectangular

**Interfaz de recepción**

Impedancia	120 ohm resistiva
Ecuilización de línea de entrada	-3 dB a 128 KHz

**Interfaces para señas de estilo 7R**

Alarma de salida	
ZA (A)	contacto normal - cerrado
ZA (B)	contacto normal – abierto
Disturbio o falla	
corriente mínima	1 mA
corriente continua	- 60 mA
voltaje residual	
contacto a max corriente	2 V respecto tierra
Estado sin falla	
voltaje presente DC	≥ 30 V
corriente residual	- 20 μA
voltaje ruido U-p	- 2 V
Conexión permitida	relay con diodo supresor led o Resistencia
Voltaje de señalización (+S / -S ) desde estación	12 V a 60 V

**Interfaz F(OT)**

Aplicación	conexión a terminal
Tipo de interfaz	CCITT V.24 (Rs-232C)
Tasa de bit	9600 b/s

## Interfaz Qx

Usando la interfaz Qx se requiere la unidad plug-in MCF-Qx

Aplicación de	Conexión a la red de gestión Telecomunicaciones TMN
Tipo de interfaz en capas OSI1 y 2 CCITT G.773	Protocolo suite A1 para

## Alimentación

Voltaje de entrada	-36 a -75 V
Consumo de potencia configur. Máxima (provisión)	
SLX 1/16 sin conmutación	<200 W, típico 170 W
SLX 1/16 con conmutación	< 250 W, típico 220 W
SLR16 con conmutación	< 85 W, típico 65 W

## 5.2 REPETIDOR ÓPTICO

Se ha escogido para el proyecto el Amplificador de Fibra dopado con Erblio (EDFA). Este amplificador óptico no necesita convertir la señal óptica en eléctrica amplificarla y luego convertirla a óptica para su posterior transmisión por la fibra

La ventaja del EFDA es que toda la amplificación es hecha con la señal óptica. La señal entrante es amplificada ópticamente y todos los componentes activos son mejorados.

La potencia de salida de un EDFA es bastante alta y pocos amplificadores son requeridos en el diseño de un sistema. El proceso de amplificación es independiente

de la tasa de datos. Esto es un importante beneficio porque actualizar un sistema significa solamente cambiar los terminales de transmisión y recepción.

### **5.2.1 Aplicaciones de los EDFA:**

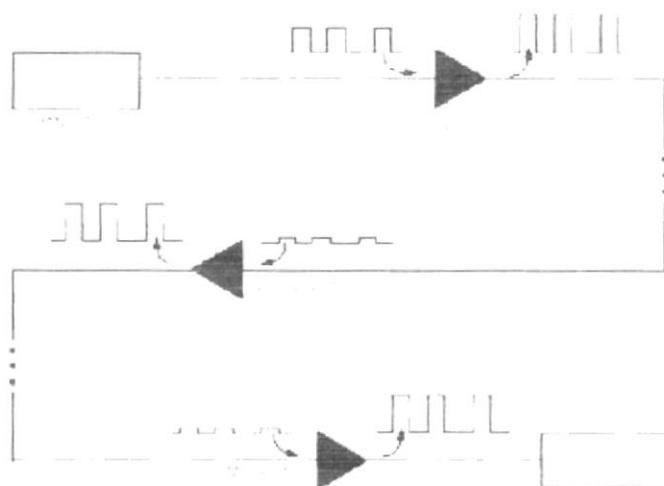
Los beneficios de los EDFA los hacen necesarios en sistemas de comunicaciones por fibra óptica para larga distancia y sistema de televisión CATV. En estos mercados las tasas de datos son muy altas.

Los sistemas de larga distancia necesitan amplificadores debido a la longitud de la fibra usada.

Los mercados del CATV necesitan distribuir la señal para varias fibras, y los EDFA son usados para elevar la señal antes y después del distribuidor de fibra.

En general, son tres las mayores aplicaciones de el amplificador de fibra óptica EDFA:

- 1 - Amplificador / Elevador de Potencia
- 2 - Amplificador Repetidor en Línea.
- 3 - Pre – amplificador óptico



**Figura 5.10 Tres Aplicaciones del Repetidor Óptico**

- **Amplificador/ Elevador de Potencia:**

Como se observa en la figura para esta aplicación el amplificador se ubica directamente después del transmisor óptico. Para esta aplicación el EFDA necesita ser capaz de tomar una señal de entrada grande y proveer la amplificación máxima posible. La respuesta de pequeña señal no es tan importante porque la salida directa del transmisor es usualmente de  $-10$  dBm o mayor. El ruido añadido por el amplificador en este punto tampoco es crítico porque la señal entrante tiene una gran razón de señal a ruido (SNR).

- **Repetidor en Línea:**

El amplificador óptico para un repetidor en línea toma una señal de entrada pequeña y la amplifica para la retransmisión hacia la fibra. En estos casos, la operación en pequeña señal y el ruido añadido por el EDFA son muy importantes. El ruido añadido por los amplificadores en serie limitarán la longitud del sistema.

- **Pre – Amplificador:**

Los sistemas actuales están poniendo límites prácticos de sensibilidad para el receptor. En el pasado, - 30 dBm en 622 Mb/s podían ser adecuados, pero hoy día los usuarios están demandando sensibilidades de -40 ó - 45 dBm. Una forma de mejorar esta demanda de ejecución es ubicar un amplificador óptico antes que el receptor. Elevando la señal en este punto provee una señal mayor en el receptor, además facilita los requerimientos de diseño de el receptor.

Para esta aplicación, el ruido añadido por el EDFA es crítico. El nivel de SNR entrante está en el mínimo y el amplificador necesita añadir un ruido mínimo en este punto.

### 5.2.2 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DEL EDFA

Las siguientes son las curvas de operación del EDFA de las cuales se obtiene la ganancia del amplificador para los tramos propuestos:

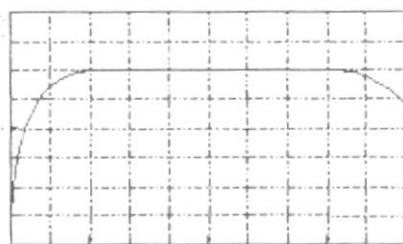


Fig. 5.11: Po Típica vs. Longitud de Onda de la Señal para el EDFA

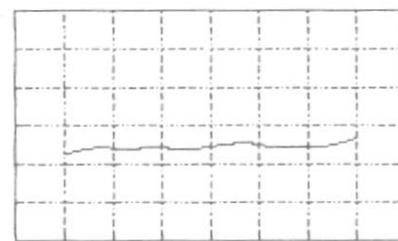


Fig. 5.12: Figura de Ruido Típica vs. Potencia de Señal de Entrada .

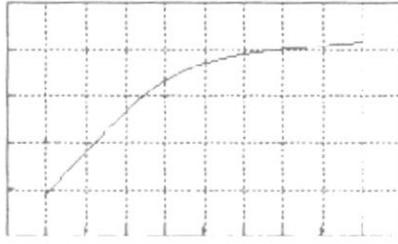


Fig. 5.13: Potencia de Salida típica vs. Potencia de Señal de Entrada.

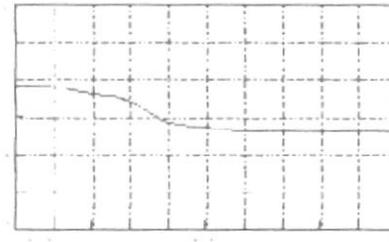


Fig. 5.14: Figura de Ruido Típica vs. Longitud de Onda de la Señal.

### 5.2.3 CARACTERÍSTICAS ÓPTICAS DEL EDFA:

Las siguientes son las características ópticas para la operación a señal grande:

PARÁMETRO	Mínima	Típica	Máxima	Unidad
Rango Longitud de Onda de la Señal	1530	--	1560	nm
Longitud de Onda Medida	--	1550	--	nm
Potencia de Señal de Entrada	-6.0	--	--	dBm
Potencia de Salida Pico	16	--	--	dBm
Sensibilidad de Polarización	--	0.2	0.5	dB
Sensibilidad de Longitud de Onda	--	0.6	1.5	dB
Sensibilidad Temperatura	--	0.4	1.0	dB

**Tabla 5.2 Características ópticas EDFA a señal grande**

Las siguientes son las características ópticas para la operación a pequeña señal.

PARÁMETRO	Mínima	Típica	Máxima	Unidad
Rango Longitud de Onda de la Señal	1530	--	1560	nm
Longitud de Onda Medida	--	1550	--	nm
Potencia de Señal de Entrada	--	-30	--	dBm
Ganancia a Potencia de Entrada -30 dBm	35	38	--	dBm
Figura de Ruido a Potencia de Entrada -30 dBm	--	--	5	dB
Sensibilidad Temperatura	--	0.4	1.0	dB

**Tabla 5.3 Características ópticas EDFA a pequeña señal**

### 5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO UTILIZADO EN EL ENLACE HUAQUILLAS -TUMBEZ

#### EQUIPO DE FIBRA OPTICA SDH SL-16

**Longitud de Onda**

1510 a 1560 nm

#### Características del Lado Transmisor

- |                                     |                      |
|-------------------------------------|----------------------|
| a. Diodo Láser                      | DFB versión Estándar |
| b. Clase de usuario por CCITT G.957 | L-16.2/L.16.3        |
| c. Ancho Espectral (-20 dB)         | < 0.6 nm             |

- |                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| d. Modo de Supresión de Espurias | > 30 dB    |
| e. Factor de Extinción           | < 0.1      |
| f. Nivel de Transmisión          | -3 a 0 dBm |

### Características del Lado Receptor

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| a. Diodo Receptor                      | InGaAs-APD versión Estándar |
| b. Clase de Usuario por CCITT G.957    | L-16.2/L.16.3               |
| c. Nivel de Recepción para VER < 1E-10 | -28 a -6 dBm                |

### Características Sección Regeneradora

- |  |            |
|--|------------|
| a. Tipo de Fibra   | Monomodo   |
| b. Clase de usuario                                      | L-16.2     |
| c. Dispersión Permisible                                 | 1220 ps/nm |
| d. Perdidas debido a la dispersión                       | < 2 dB     |
| e. Atenuación permisible de la sección (max. Dispersión) | 6 a 23 dB  |

### Interfaces

#### Interface de Línea Óptica según CCITT G.707, G.708, G.709, G.958.

- |             |                 |
|-------------|-----------------|
| a. Bit Rate | 2488.320 Mbit/s |
| b. Code     | Binario (NRZ)   |

#### Tributario de 140 Mb/s Eléctrico según CCITT G.703

- |             |                   |
|-------------|-------------------|
| a. Bit Rate | 139.264 Mbit/s    |
| b. Code     | CMI               |
| c. Jitter   | según ccitt g 823 |

**Tributario de 155 Mb/s Eléctrico según CCITT G.703**

a. Bit Rate	155 520 Mb/s
b. Code	CMI
c. Jitter	según CCITT G 958

**Tributario de 155 Mb/s Optico según CCITT G.703**

a. Bit Rate	155 520 Mb/s
b. Code	Binario (NRZ)
c. Nivel de transmisión	-8 a -15 dBm

**Fuente de Poder**

a. Voltaje de entrada	-36 a - 75 V
b. Potencia consumida a 60 V y equipo típicamente	aprox.220 W

**EQUIPO MULTIPLEX SDH SMA-1****Interfaces ( CCITT G.709, G.957, G.958 )****Interfaz de Línea Optica STM-1**

a. Bit Rate	155 520 Mb/s
b. Formato	STM-1
c. Longitud de Onda	1300 o 1550 nm
d. Rango Optico de Atenuación	0 a 18 o 0 a 8 Db

**Interfaz de Línea Optica STM-4**

a. Bit Rate	622 080 Mb/s
b. Formato	Multiplex según G 709
c. Longitud de Onda	1310 o 1550 nm
d. Rango Optico de Atenuación	0 a 12 o 10 a 24 dB

### Tributario STM-1 Eléctrico

a. Bit Rate	155.520 Mb/s
b. Code	CMI

### Interfaces de Tributarios

a. Bit Rates	155 Mb/s
	140 Mb/s
	34/45 Mb/s
	1.5/2 Mb/s

### Sincronización ( CCITT G. 703)

a. Salida de Sincronización Senoidal	2048 KHz
b. Señal interna o de Red	2048 KHz
c. Señal STM-1 de línea	155 Mb/s
d. Señal de Tributario	2048 Kb/s

### Fuente de Alimentación

a. Voltaje de Entrada	-48 o -60 V
b. Potencia Consumida	80 a 150 W
	depende del equipo

## CABLE DE FIBRA OPTICA

### Dimensiones y Pesos

- a. Diámetro externo 15.0 mm
- b. Peso indicativo 20 Kg/km

### Mecánicas

- a. Fuerza de tracción máxima no permanente 2000 N
- b. Fuerza de tracción máxima permanente 1000 N
- c. Resistencia al Estiramiento > 8000 N/100 mm
- d. Resistencia a los Golpes 8 N x m
- e. Radio de curvatura mínimo no permanente 300 mm
- f. Radio de curvatura mínimo permanente 220 mm
- g. Rango de Temperatura de funcionamiento -20/+60 °C

### Características de Transmisión

- a. Atenuación a 1550 nm max 0.30 dB / Km
- Dispersión Cromática de 1525 a 1575 nm max 20 ps/nm.Km

Multiplexores de Extracción e Inserción (ADM)

Cross Conectores

Características de la Fibra Óptica

Repetidores Ópticos

Interfaces . Electro/Óptica y Opto/Electrica

### 2 Mbits

Velocidad de bit

2048 kb/s

+/- 50 ppm

HDB3

código

impedancia	75 ohms
atenuación de entrada	
entrada a 70 Mhz	0-12 dB

### 140 Mbit/s

Velocidad de bit	155520 kb/s
	+/- 15 ppm
código	CMI
impedancia	75 ohms
atenuación de entrada	
entrada a 70 Mhz	0-12 dB

### 155 Mbit/s

Velocidad de bit	155520 kb/s
	+/- 4.6 ppm
código	CMI
impedancia	75 ohms
atenuación de entrada	
entrada a 70 Mhz	0-12 dB

### S-1.1

longitud de onda (nm)	1285-1330
pot. salida (dBm)	
máxima	-8
mínima	-15
sensibilidad	< - 34 dBm
máx. atenuación	
S-R (G.956 ITU-I)	0-18 dB

**S-4.1**

longitud de onda (nm)	1285-1330
pot. salida (dBm)	
máxima	-8
mínima	-15
sensibilidad	< - 34 dBm
máx. atenuación	
S-R (G 956 ITU-I)	0-18 dB

**S-16.1**

longitud de onda (nm)	1285-1330
pot. salida (dBm)	
máxima	-0
mínima	-5
sensibilidad	< - 18 dBm
máx atenuación	
S-R (G 956 ITU-I)	0-18 dB

## **CAPITULO VI**

# **OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA**

## OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El mantenimiento consta de un conjunto de operaciones que mantienen el conjunto o lo vuelven a poner en condiciones de funcionamiento óptimas en un tiempo muy corto, con el fin de obtener una disponibilidad operacional máxima.

El mantenimiento se clasifica como:

- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Correctivo.

Pero antes de hablar de cada uno de ellos se presentará los instrumentos y accesorios con lo cual se llevará a cabo el respectivo mantenimiento.

Existe un terminal local (PC) que permite visualizar todas las alarmas y que administra el equipo. El procesamiento correspondiente se describe en el Manual del operador. Cuando se implementa el software de administración, este muestra alarmas y administra todos los equipos conectados.

### 6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento de rutina es un conjunto de medidas y verificaciones periódicas. Este mantenimiento sirve para descubrir aquellos dispositivos cuya función se ha deteriorado con el tiempo y por lo tanto requieren ajuste o reemplazo.

Típicamente, el equipo digital no requiere ningún mantenimiento de rutina. El equipo permite evaluar la calidad de los enlaces de conexión para sección y vías en tributarios y agregados, contando los eventos de error y obteniendo datos de rendimiento.

#### **Protección de la Red**

Como mantenimiento preventivo también podemos considerar la protección de la red. Esto se explica a continuación.

La protección de la Red tiene que ver con la seguridad de la Red de Transporte

Para nuestro proyecto se dispondrá de un nivel de protección del cien por cien, es decir, protegeremos la red contra fallas de equipos de transmisión, además se protegerán los enlaces de fibra óptica con Protección Bidireccional es decir transmisión en ambos sentidos.

### ***Protección contra Problemas del Sistema (Equipos)***

Para protegernos contra este tipo de fallas, en cada nodo de la red se utilizará la configuración 1+1, es decir se duplicarán los equipos de transmisión y recepción así como también todas las interfaces involucradas en la transmisión.

Es decir que se tendrá dos equipos de transmisión y dos de recepción. Los dispositivos transmisores trabajarán al mismo tiempo, en tanto que sólo uno de los receptores estará aceptando el flujo de información

En el supuesto de que se produzca una falla en alguno de los transmisores, el otro lo respaldará, ya que los dos funcionan a la par. En cambio cuando el receptor que está funcionando falla, se conmuta inmediatamente la información al otro receptor, evitando así la caída del sistema.

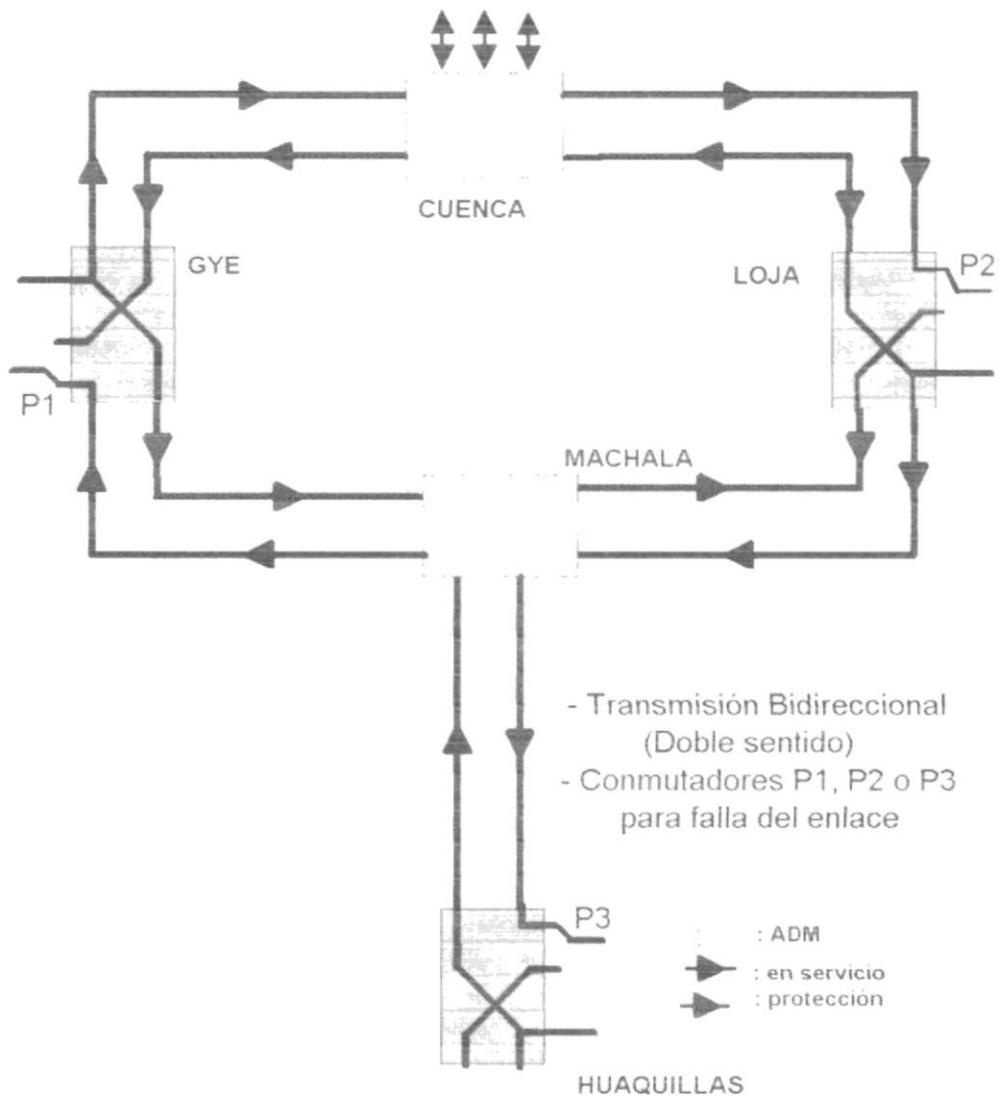
### ***Protección de los Enlaces de Fibra Óptica***

Este plan implica la utilización de dos pares de fibra óptica, un principal o de servicio y el otro el secundario o paralelo por donde fluirá la información en sentido contrario a los enlaces principales.

La red de acuerdo a lo expuesto queda formada por dos niveles de enlace:

**Los enlaces principales o de servicio:** Por donde circulará normalmente el flujo de información.

**Los enlaces secundarios o paralelos:** Que darán soporte a los primeros cuando éstos fallen



**Figura 6.1 Diagrama de la Red: Protección de los Enlaces de Servicio y Paralelo**

## 6.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo o llamado también (Localización de averías) Se realiza utilizando el terminal de administración de la red para determinar averías en el equipo terminal o repetidores intermedios

El mantenimiento correctivo también es aplicable en la localización de fallas o rupturas en el cable de fibra óptica. En estos casos se utiliza un equipo llamado OTDR, el cual aprovecha el fenómeno del Backscattering para determinar la posición, casi exacta, del punto en donde existe algún problema



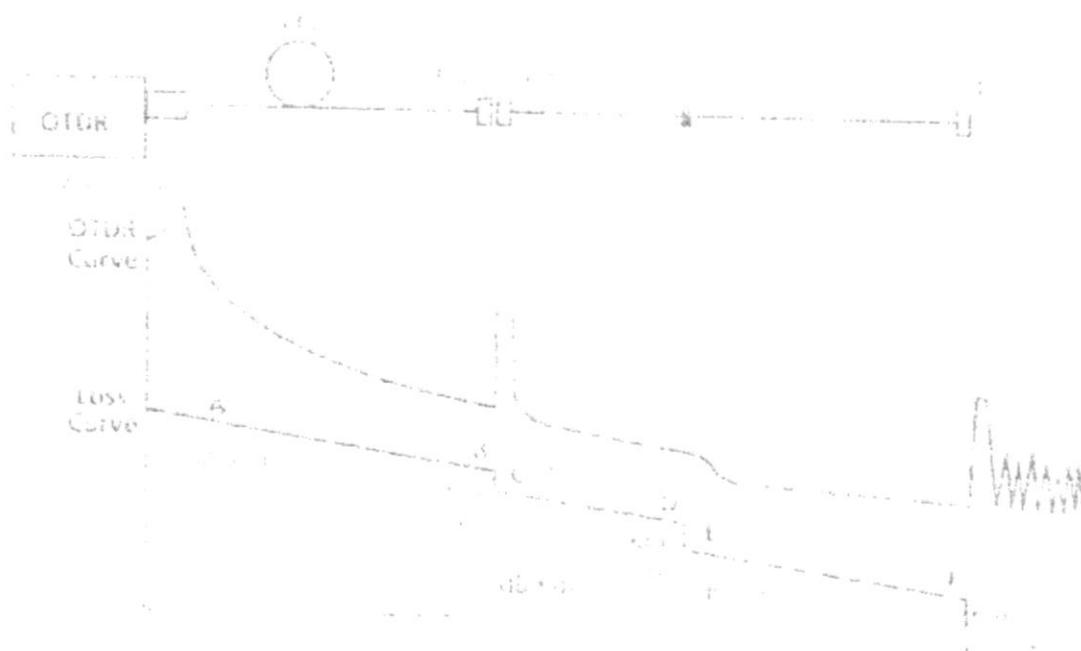
**Figura 6.2 Fenómeno Backscattering**

El fenómeno mencionado en el párrafo anterior, se basa en el reflejo de la señal luminica, sobre los elementos químicos constituyentes de la fibra, hacia el punto de entrada de dicha señal. Con esto podemos obtener la siguiente información:

- **Medición de distancias:** A medida que la luz se mueve a lo largo de la fibra, su intensidad se va atenuando y por ende sus reflexiones al OTDR también. Conforme a esto, se pueden hacer mediciones de la distancia a la cual se produce una atenuación determinada causada por una lesión, la presencia de un

conector o ruptura de la fibra

- **Medición de pérdidas:** El tiempo que la señal lumínica tarda en recorrer la fibra, también es aprovechado para calcular cuan lejos puede viajar esta. Aproximadamente la luz toma 5 nseg en viajar a lo largo de un metro de fibra.
- **Reflexiones de Fresnel:** Producidas por el mal acoplamiento en un conector o empalme.
- **Zona muerta:** Cuando una reflexión grande de su propio conector entra en el receptor lo que toma unos nano-segundos. Durante este tiempo ninguna medida útil puede tomarse. Este tiempo que representará entre 2 y 20 metros de cable (dependiendo de la longitud del pulso) se llama zona muerta.



**Figura 6.3 Curva Típica del OTDR**

En esta curva podemos apreciar los siguientes puntos significativos que indican:

- A:** Punto de inicio de la medición (dB/Km)
- B:** Reflexión de Fresnel (dB)
- C:** Continuación de la medición (dB/Km)
- D:** Indicador de deslizamiento (dB)
- E:** Continuación de la medición (dB/Km)
- F:** Término de la medición (Km)

# **Conclusiones y Recomendaciones**

# Conclusiones

## CONCLUSIONES

1. Una de las ventajas de la jerarquía SDH es que nos permite manejar flujos de información superiores a los de la jerarquía PDH además de permitirnos el acceso a una Red Digital de Servicios Integrados que provea a los usuarios de servicios de voz, datos y video todos por un mismo cable, esto sólo es posible mediante la implementación de redes digitales con Jerarquía Digital Síncrona por medio de fibra óptica
2. Para el tendido de la fibra se ha escogido el método del cable enterrado debido a que nos proporcionaba la distancia más cercana entre las ciudades a enlazar y además porque en el caso del tendido aéreo no existe una conexión directa entre las centrales involucradas en el proyecto. El tendido se lo practicará a un costado de la carretera Panamericana Guayaquil – Machala – Huaquillas
3. En vista de las ventajas ofrecidas por la tecnología SDH como es la formación de anillos con velocidades de transmisión SDH se consideró en el diseño la formación futura de un anillo SDH para enlazar las ciudades principales o de mayor tráfico de la zona sur del país (Cuenca y Loja) con la ciudad de Guayaquil es decir que para la determinación de la velocidad de transmisión de la ruta Guayaquil – Machala se considerará el tráfico telefónico existente entre las ciudades de Guayaquil, Machala, Cuenca y Loja. Además del tráfico con la ciudad de Huaquillas y el tráfico internacional proveniente de los países del Área Andina
4. Desde la ciudad de Machala se tiene prevista una interconexión con la ciudad de Huaquillas es decir se prevee la instalación de un equipo de cross-conexión en la ciudad de Machala.
5. La velocidad de transmisión propuesta es STM –16.
6. Se prevee la transmisión en ambos sentidos como medida de protección del anillo para lo cual se hace necesario la instalación de dos pares de fibra uno

para el anillo principal o de servicio y otro para el anillo secundario o paralelo. Es decir posee protección completa

- 7 La fibra a utilizar será monomodo y trabajará en la tercera ventana óptica
- 8 Se utilizará repetidores ópticos de Fibra dopada con Erblio (EFDA) operando en la tercera ventana a 1550 nm, dos para el tramo Guayaquil–Machala y uno para el tramo Machala– Huaquillas.
- 9 Es así como todo el tráfico proveniente de las zonas rurales del Guayas, El Oro, Azuay y Loja confluentes en las ciudades de Guayaquil Machala, Cuenca y Loja podrá acceder a las bondades de la tecnología SDH por medio de los Multiplexores ADM 16 instalados en cada una de estas ciudades. Es decir que para llevar a cabo una conexión por ejemplo entre Loja – Huaquillas no será necesario que se realice una conexión primero entre Loja – Guayaquil y luego Guayaquil – Loja sino que se enrutará directamente por el anillo entre Loja – Machala – Huaquillas
- 10 Además por las consideraciones del diseño nos hemos permitido ofrecer una red con una capacidad de crecimiento continuo pues el tráfico proyectado es a 10 años y con el fin de anticiparse a incrementos aún mayores de volúmenes de información debido al aumento ya sea de abonados así como de los servicios proporcionados se ha dejado un margen de reserva del 20% de la capacidad proyectada inicialmente con los que se cubren aún los requerimientos de expansión futura de la red
- 11 Se estimó también la posibilidad futura de brindar servicios privados de datos, video, etc por parte de PACIFICTEL a personas ó Empresas Públicas o Privadas para lo cual existe una capacidad física lo suficientemente amplia pues del cable de fibra óptica proporcionado sólo serán usados dos de los doce pares posibles.

## **Recomendaciones**

## RECOMENDACIONES

- 1 Recomendamos la implementación de este proyecto ya que proporcionará un medio confiable y de gran capacidad de transmisión de información, lo cual abrirá las puertas a nuevos servicios de Telecomunicaciones y a través de ellos tendremos acceso a las maravillas que ofrece una red futurista como es la Red Digital de Servicios Integrados.
- 2 Se debe llevar a cabo este proyecto ya que enlazará las ciudades de Guayaquil – Machala - Huaquillas con el Corredor Andino Digital como uno de los objetivos propuestos por ASETA dentro de su plan de telecomunicaciones para enlazar a la Región Andina por medio de rutas terrestres, aéreas o marítimas. Nuestro proyecto forma parte de las rutas terrestres previstas en dicho plan.
- 3 La puesta en servicio del enlace propuesto servirá para habilitar a un mayor número de abonados y a la vez sustituirá paulatinamente a la red actual levantada sobre la base de enlaces de radios digitales intercentrales, la cual quedaría como respaldo de la red de fibra óptica propuesta.
- 4 En los sitios donde se realicen los empalmes de fibra se deberá dejar una reserva de al menos 10 metros de longitud de fibra para trabajos de mantenimiento o en prevención de alguna contingencia.
- 5 Debe existir un margen de 8 a 10 metros de distancia entre la carretera y el surco por donde pasará la fibra para proporcionar una banda de seguridad adecuada para el conductor óptico así como para los trabajos de instalación que deberán efectuarse al pie de la vía.
- 6 La alimentación requerida por los repetidores ópticos dispuestos a lo largo de la vía será proporcionada a través del mismo cable de fibra para lo cual estará provisto de un conductor de cobre con lo cual se solucionan los requerimientos de voltaje a lo largo de la ruta.

- 7 En las curvas o veredas en donde deba pasar el conductor de fibra deberá considerarse también el Radio Mínimo de Curvatura permitido por la sección del cable de fibra.
- 8 En los sitios en donde se realicen empalmes deberán construirse pozos de concreto con las dimensiones detalladas en el Anexo 5 a fin de permitir los trabajos de operación y mantenimiento

# Glosario

## GLOSARIO

ADM	( Add drop multiplexer) Multiplexor de adición /inserción
ANSI	Instituto Americano de Estandares Nacionales
ATM	( Asynchronous Transfer Mode) Modo de transferencia asíncrona
AU	Unidad administrativa
AUG	Grupo de unidades administrativas
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
CLP	Central local principal
DCC	Canal de comunicación de datos
DCN	Data communication network
DXC	(Digital cross-conector )
ERC	Equivalente de referencia corregido
FDDI	(Fiber data distributed interface)
FDM	Red digital de servicios integrados
FDM	Multiplexación por división de frecuencia
GPS	Sistema de posicionamiento global
ISO	Organización Internacional de normas
MAN	Red de área metropolitana
MIC	Modulación de impulso codificado
MS	Sección multiplexadora
MSOHS	Sección de multiplexaje
NCL	Nivel de control de la red
NE	(Network element)
NNI	Interface de nodo de red
OAM	Operaciones, administración y mantenimiento
OSI	Interconexión de sistemas abiertos
PAMS	(Pre-selected Alternative Master Slove)
PDM	Jerarquía digital plesiócrona

POH	(Path overhead)
PS	Punto de señalización
PTM	Parte de transferencia de mensaje
PTR	Puntero
PTS	Punto de transferencia de señalización
RDSI	Red digital de servicios integrados
RGT	Red de gestión de telecomunicaciones o TMN
RI	Regenerador intermedio
RS	Sección regeneradora
RSCC	Red de señalización por canal común
RSOH	Sección de regeneración
SDH	Jerarquía digital síncrona
SDXC	(Synchronous digital XC)
SLX	Cross Conector
SLR	Regenerador de línea óptico
SOH	(Section overhead) Trama de sección
SSCC	Sistema de señalización de canal común
STM-1	Modo de transferencia asíncrona
TDG	Tránsito de Guayaquil
TDM	Multiplexación por división de tiempo
TM	(Terminal multiplexer)
TU	(Tributary unit)
TUG	(Tributary Unit Group)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
URC	Unidades remotas de central
VC	Contenedor virtual

# ANEXOS

# **Anexo 1**

## **Indice de recomendaciones del CCITT**

## INDICE DE RECOMENDACIONES Y ESTANDARES REFERIDOS AL CONTENIDO DE ESTE PROYECTO

Los siguientes documentos proveen información sobre los argumentos de este Proyecto.

### Recomendaciones CCITT

G 652	Características de cable de fibra óptica monimodo
G 653	Características de un cable de fibra óptica monomodo, con dispersión gradual
G 703	Características Físico/Eléctricas de interfaces digitales jerárquicas
G 707	Velocidades de transmisión de la Jerarquía Digital Síncrona
G 708	Interface de nodo de red para la Jerarquía Digital Síncrona
G 709	Estructura del multiplexaje síncrono
G 771	Interfaces Q y protocolos asociados para el equipo de la transmisión en la red de dirección de telecomunicaciones (TMN)
G 773	Protocolos para las interfaces Q para la dirección de sistemas de transmisión
G 781	Estructura de Recomendaciones en el equipo de multiplexación para la Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
G 782	Tipos y características generales del equipo de multiplexación en la Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
G 783	Características de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) – Diagrama funcional del equipo de multiplexación

G 784	Administración de una red bajo Jerarquía Digital Síncrona (SDH)
G 811	Recomendaciones de sincronización a la salida del reloj primario de referencia para el funcionamiento plesiócrono de los enlaces internacionales
G 821	Reducción del error producido en las conexiones digitales internacionales en una red ISDN
G 823	Control de Jitter y Wander en una red digital basada en la jerarquía de 2480 kbit/s
G 956	Sistemas digitales basados en la jerarquía 2048 kbit/s en cables de fibra óptica
G 957	Interfaces ópticas para los materiales y sistemas que se relacionan con la Jerarquía Digital Síncrona
G 958	Sistemas de línea digital basados en jerarquías digitales que usan cables de fibra óptica
K 15 (draft)	Protección de sistemas de transmisión contra los overvoltage y transientes (pautas generales)
K 22	Resistibilidad de los equipos conectados a un bus ISDN T/S ante un sobrevoltaje
Q 811	Capa más baja de la estructura del protocolo de la interface Q3
Q 812	Capa superior de la estructura del protocolo de la interface Q3

### **Estandar IEC**

IEC 801-1	Compatibilidad Electromagnética en la medición de procesos industriales y control de equipos (introducción general)
-----------	---

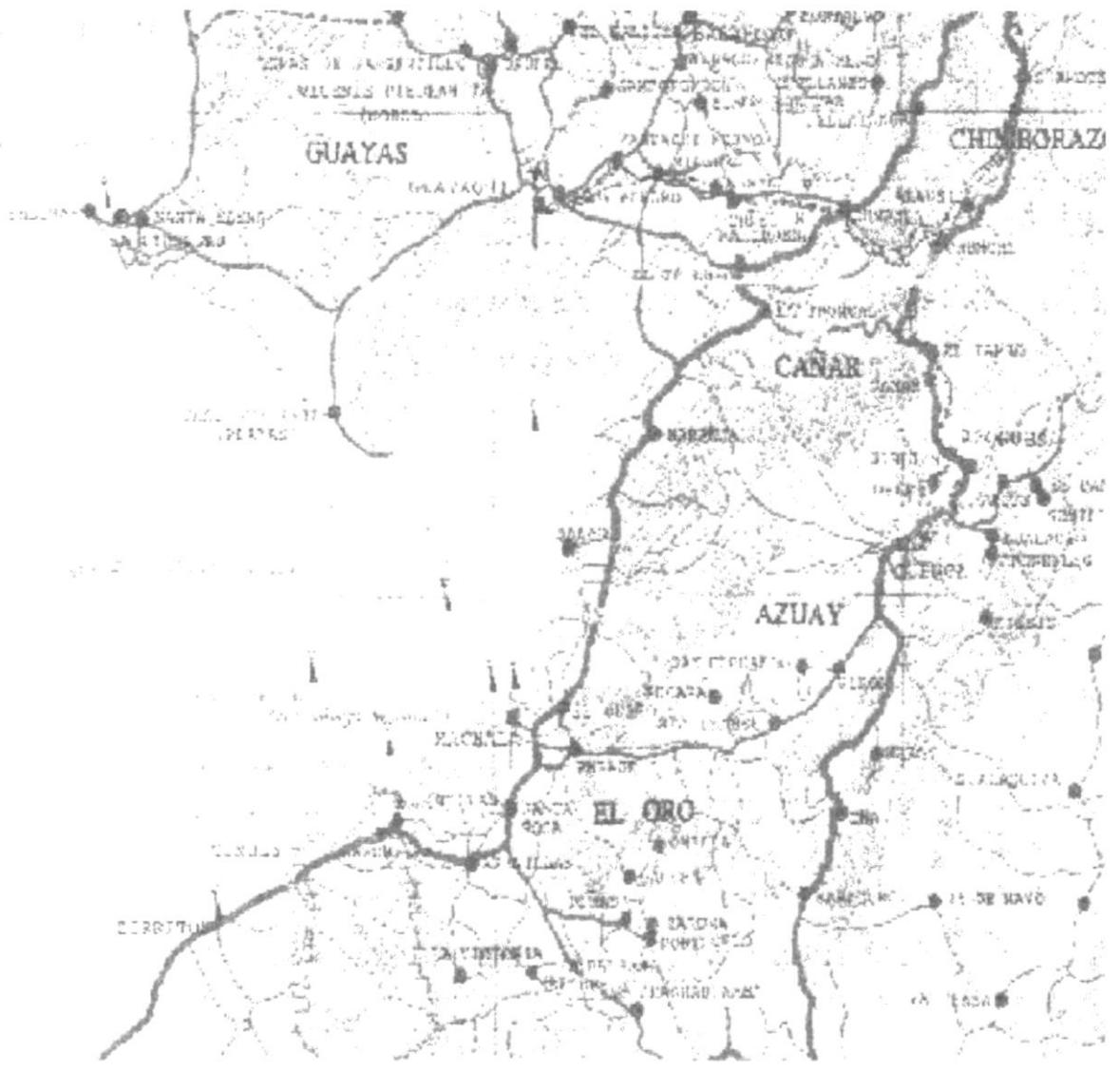
- IEC 801-2      Requisitos de descarga electrostática  
(draft3)
  
- IEC 801-3      Requisitos de campo electromagnético radiado
  
- IEC 801-4      Requisitos del transiente eléctrico
  
- IEC 801-5      Requisitos para inmunidad del onda  
(draft)
  
- IEC 801-6      Requisitos de la inmunidad de conducción  
(draft)

## **Anexo 2**

**Mapas de la ruta  
Guayaquil – Machala – Huaquillas**

## INDICE DE LOS MAPAS UTILIZADOS EN LA DESCRIPCION DE LA RUTA GUAYAQUIL – MACHALA – HUAQUILLAS

- Mapa 00 Descripción General de la Ruta Guayaquil – Huaquillas
- Mapa 1a Guayaquil – Durán
- Mapa 1b Guayaquil – Durán
- Mapa 2a Durán – Km 26
- Mapa 2b Durán – Km 26
- Mapa 3a Laguna del Canción
- Mapa 3b Laguna del Canción
- Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes
- Mapa 4b Sta. Rosa de Flandes
- Mapa 5a Naranjal
- Mapa 5b Naranjal
- Mapa 6a El Carmen de Pijili
- Mapa 6b El Carmen de Pijili
- Mapa 7 Ponce Enriquez
- Mapa 8 Tendales
- Mapa 9a Machala
- Mapa 9b Machala
- Mapa 10 Machala – Huaquillas



Mapa 00 Descripción General de la Ruta Guayaquil – Huaquillas



**Mapa 1a Guayaquil – Durán**



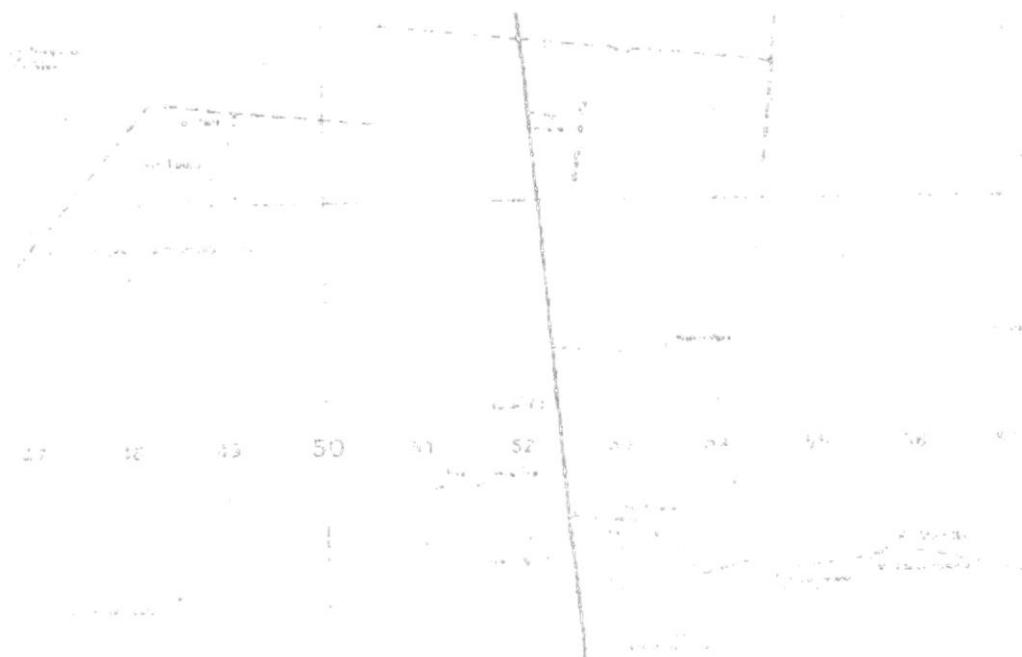
**Mapa 1b Guayaquil – Durán**



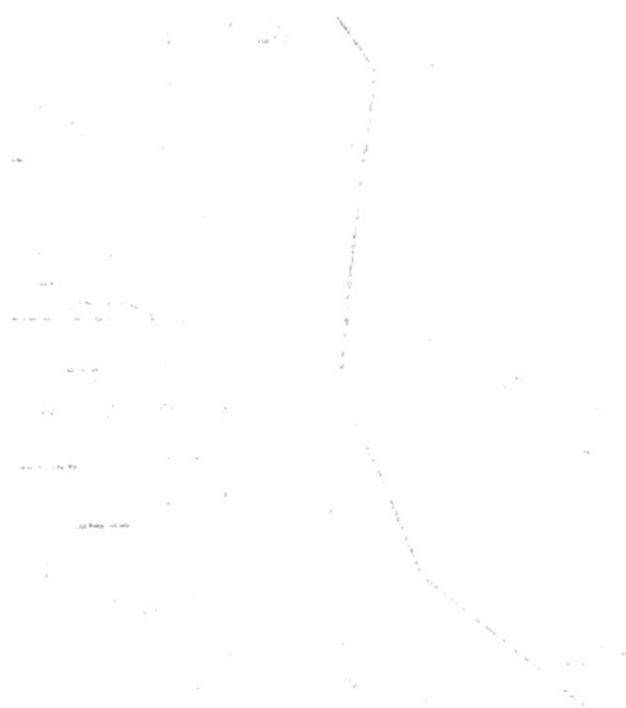
**Mapa 2a Durán – Km 26**



**Mapa 2b Durán – Km 26**



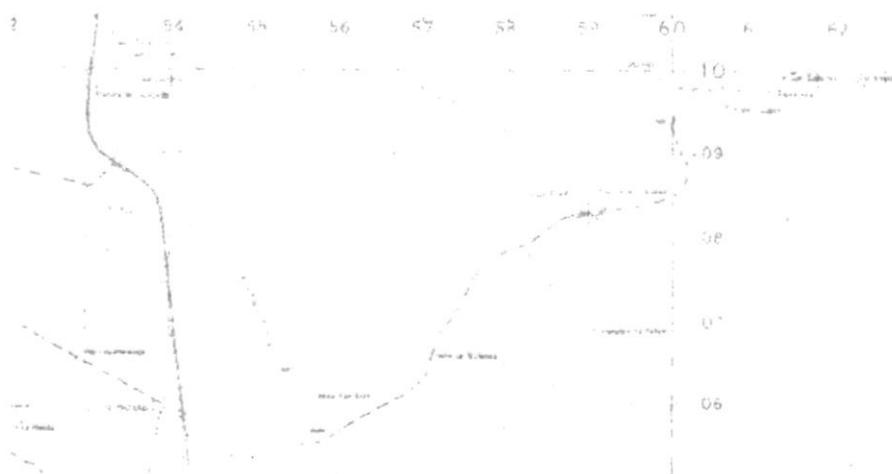
*Mapa 3a Laguna del Canción*



*Mapa 3b Laguna del Canción*



**Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes**



**Mapa 4b Sta. Rosa de Flandes**



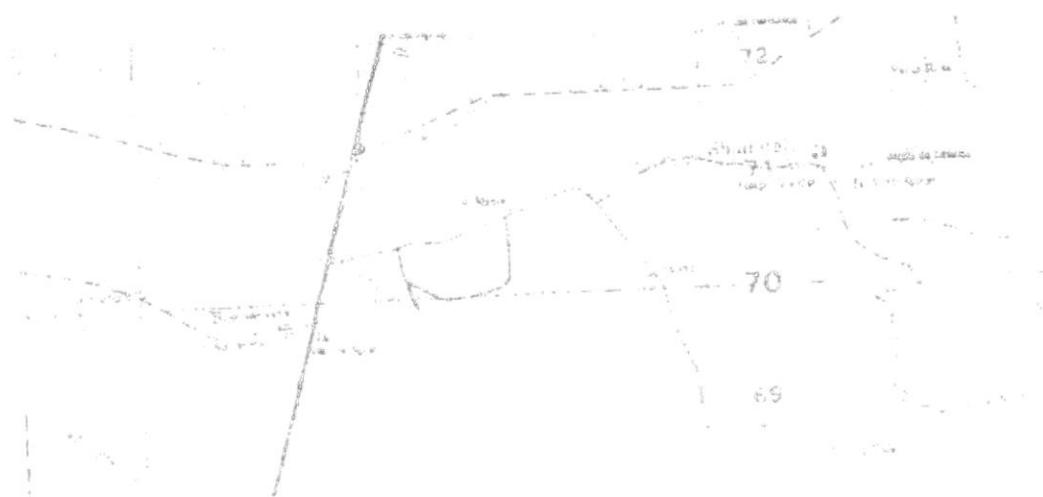
**Mapa 5a Naranjal**



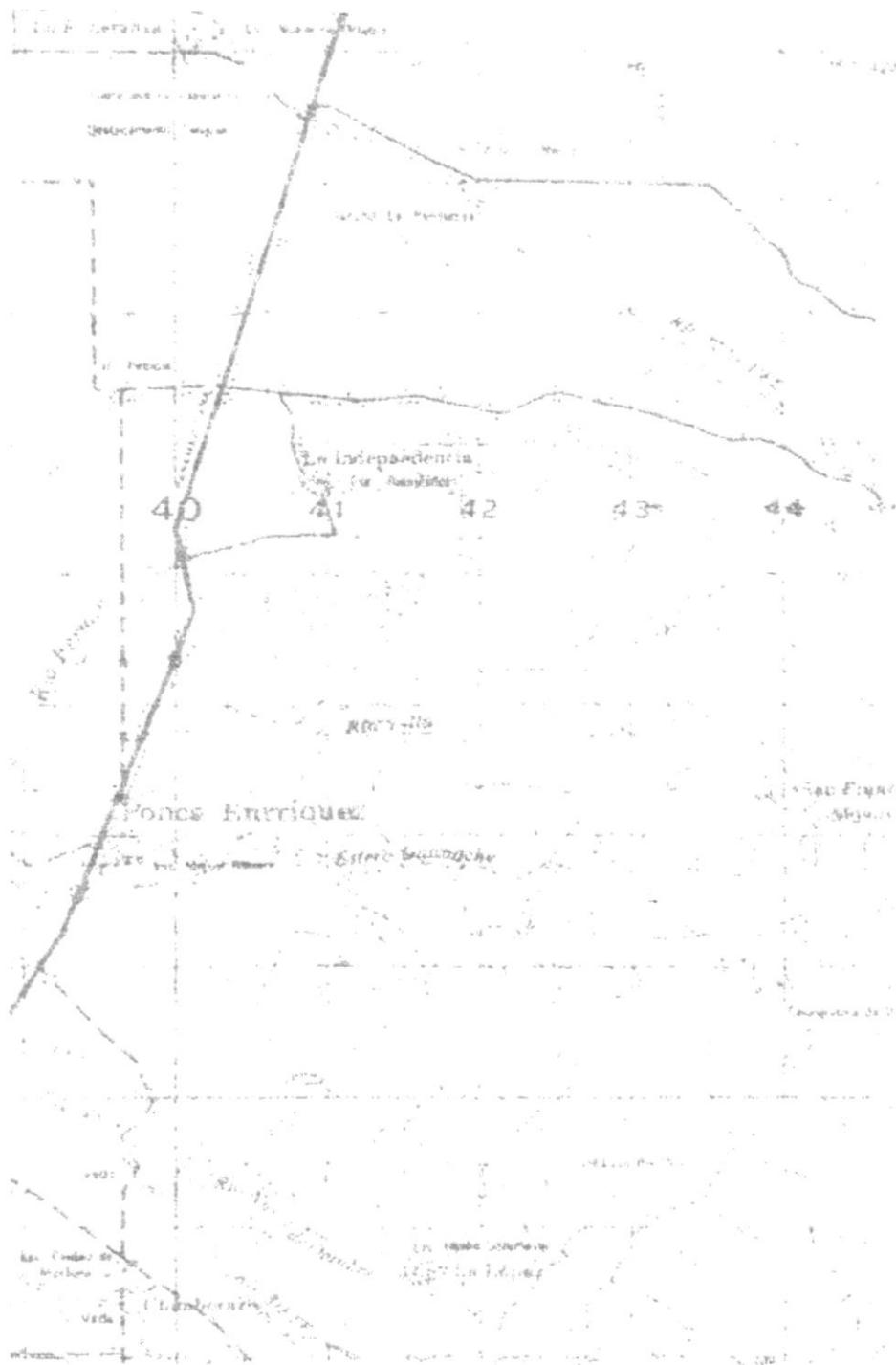
**Mapa 5b Naranjal**



**Mapa 6a El Carmen de Pijili**



**Mapa 6b El Carmen de Pijili**



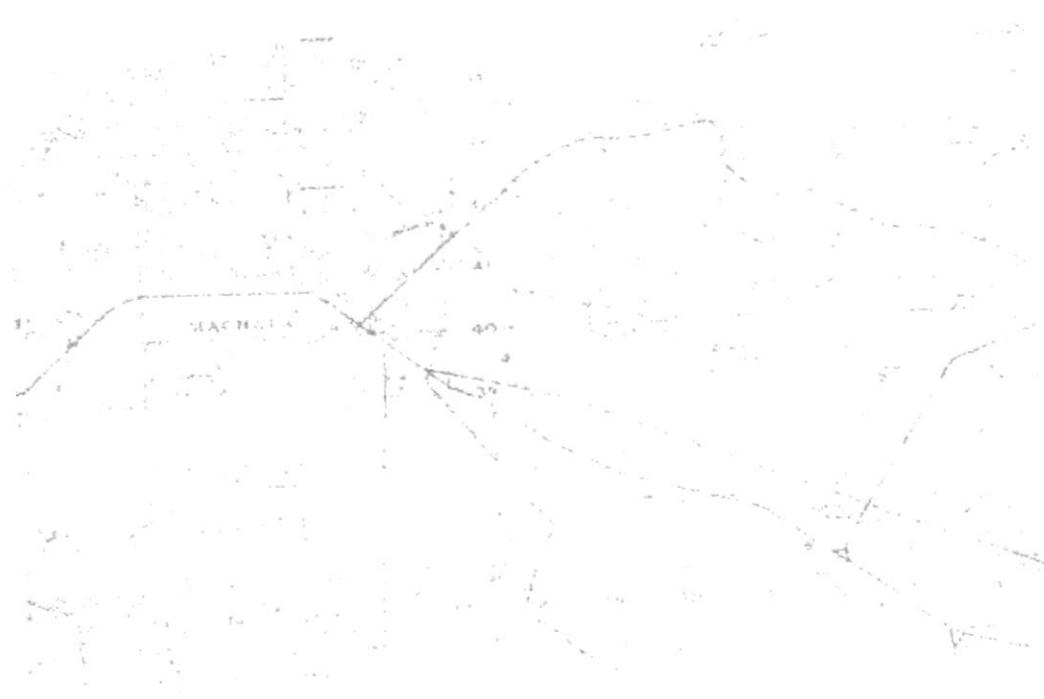
Mapa 7 Ponce Enriquez



**Mapa 8 Tendales**



**Mapa 9a Machala**



**Mapa 9b Machala**



Mapa 10 Machala - Huaquillas

## **Anexo 3**

**Resumen de la Ruta  
Guayaquil – Machala - Huaquillas**

RESUMEN DEL TRAYECTO GUAYAQUIL - MACHALA - HUAQUILLAS

Sector	Distancia (Km)	Distancia acumulada (Km)	Referencia	Observaciones
1	10	10	Mapa 1a Guayaquil - Durán	Inicio de la Ruta en la Central de Tránsito de Guayaquil. Se aprovechará el canalizado existente entre Guayaquil y Durán
2	1	11	Mapa 1b Guayaquil - Durán	
3	2	13	Mapa 1b Guayaquil - Durán	
4	19	32	Mapa 2a Durán - Km 26	
5	1	33	Mapa 2a Durán - Km 26	
6	2	35	Mapa 2a Durán - Km 26	
7	0.5	35.5	Mapa 2a Durán - Km 26	
8	4.5	40	Mapa 2b Durán - Km 26	Instalación del primer repetidor óptico en la ruta Gye - Machala, a los 40 Km de recorrido
9	4	44	Mapa 2b Durán - Km 26	
10	6.5	50.5	Mapa 2b Durán - Km 26	
11	2	52.5	Mapa 3a Laguna del Cancion	
12	2	54.5	Mapa 3b Laguna del Cancion	
13	4	58.5	Mapa 3b Laguna del Cancion	
14	6.5	65	Mapa 3b Laguna del Cancion	
15	4.5	69.5	Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes	
16	2	71.5	Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes	
17	2	73.5	Mapa 4a Sta. Rosa de Flandes	
18	6.5	80	Mapa 4b Sta. Rosa de Flandes	
19	5	85	Mapa 4b Sta. Rosa de Flandes	
20	2	87	Mapa 4b Sta. Rosa de Flandes	
21	3	90	Mapa 5a Naranjal	
22	5	95	Mapa 5a Naranjal	
23	3	98	Mapa 5b Naranjal, Mapa 6a El Carmen	
24	16	114	Mapa 6b El Carmen de Pijili	
25	6	120	Mapa 6b El Carmen de Pijili	
26	0.5	120.5	Mapa 6b El Carmen de Pijili	
27	4	124.5	Mapa 7 Ponce Enriquez	
28	2	126.5	Mapa 7 Ponce Enriquez	
29	20	146.5	Mapa 8 Tendales	Instalación del segundo repetidor óptico en la ruta Gye - Machala, 90 Km después del primer repetidor
30	14	160.5	Mapa 9a Machala	
31	7	167.5	Mapa 9a Machala	
32	6.5	174	Mapa 9b Machala	
33	10	184	Mapa 9b Machala	Se aprovechará el canalizado existente a partir de la Cdia. Universitaria, hasta la Central Tránsito de Machala. Llegamos a la CT Machala
34	40	224	Mapa 10 Machala - Huaquillas	Instalación del repetidor óptico a los 40 Km contados desde la CT Machala.
35	34	258	Mapa 10 Machala - Huaquillas	Llegamos a la central local de Huaquillas, para la conexión con el Perú

## **Anexo 4**

### **Matrices de Tráfico**

## TRAFICO INTERNO

MATRIZ DE TRÁFICO EN ERLANGS

	GUAYAQUIL	MACHALA	HUAQUILLAS	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL		571.6	0	359.3	639.6
MACHALA	571.6		56.1	0.0	0
HUAQUILLAS	0	56.1		0	0
LOJA	359.3	0	0		0
CUENCA	639.6	0	0	0	

MATRIZ DE CIRCUITOS CON E=0.01

	GUAYAQUIL	MACHALA	HUAQUILLAS	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL		599	0	384	668
MACHALA	599		70	0	0
HUAQUILLAS	0	70		0	0
LOJA	384	0	0		0
CUENCA	668	0	0	0	

MATRIZ DE TRIBUTARIOS CON E=0.01

	GUAYAQUIL	MACHALA	HUAQUILLAS	LOJA	CUENCA
GUAYAQUIL		20	0	13	23
MACHALA	20		3	0	0
HUAQUILLAS	0	3		0	0
LOJA	13	0	0		0
CUENCA	23	0	0	0	

TRÁFICO EXTERNO

MATRIZ DE TRÁFICO EN ERLANGS

	QUITO	BOLIVIA	PERU	COLOMBIA	VENEZUELA
CUENCA	437.47	0.00	0.00	0.00	0.00
GUAYAQUIL	0.00	5.87	31.42	49.65	15.10

MATRIZ DE CIRCUITOS CON E=0.01

	QUITO	BOLIVIA	PERU	COLOMBIA	VENEZUELA
CUENCA	463	0	0	0	0
GUAYAQUIL	0	12	43	63	24

MATRIZ DE TRIBUTARIOS CON E=0.01

	QUITO	BOLIVIA	PERU	COLOMBIA	VENEZUELA
CUENCA	16	0	0	0	0
GUAYAQUIL	0	1	2	3	1

**PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN HASTA EL AÑO 2008**

PROVINCIAS	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
AZUAY	607552	617247	626857	636846	646631	656416	666202	675987	685772	695557	705546
EL ORO	536319	548121	559846	580688	593130	605573	618015	630458	642900	655343	667786
LOJA	421911	425490	429010	432741	436366	439992	443617	447243	450868	454494	458358
GUAYAS	3274395	3346804	3418741	3493064	3566055	3639047	3712038	3785030	3858021	3931013	4004005

**PROYECCIÓN DE LA MATRIZ DE TRÁFICO HASTA EL AÑO 2008  
MATRIZ DE TRÁFICO INTERNO HACIA GUAYAQUIL**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
MACHALA	571.60	584.24	596.80	609.78	622.52	635.26	648.00	660.74	673.48	686.22	698.96
LOJA	375.77	378.96	382.09	385.42	388.64	391.87	395.10	398.33	401.56	404.79	408.23
CUENCA	639.60	649.81	659.92	670.44	680.74	691.04	701.34	711.64	721.95	732.25	742.76

**MATRIZ DE TRÁFICO INTERNO HACIA MACHALA**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
HUAQUILLAS	56.10	57.33	58.56	60.74	62.04	63.34	64.65	65.95	67.25	68.55	69.85

**MATRIZ DE TRÁFICO INTERNO HACIA LOJA**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
CUENCA	306.70	309.30	311.86	314.57	317.21	319.84	322.48	325.11	327.75	330.39	333.19

**PROYECCIÓN DE LA MATRIZ DE TRÁFICO EXTERNO HASTA EL AÑO 2008**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
QUITO	437 47	447 14	456 76	466 68	476 44	486 19	495 94	505 69	515 44	525 20	534 95
VENEZUELA	15 10	15 49	15 90	16 31	16 73	17 17	17 61	18 07	18 54	19 02	19 52
COLOMBIA	49 65	50 69	51 76	52 84	53 95	55 09	56 24	57 42	58 63	59 86	61 12
PERÚ	31 42	32 21	33 01	33 84	34 68	35 55	36 44	37 35	38 28	39 24	40 22
BOLIVIA	5 87	6 04	6 22	6 40	6 58	6 77	6 97	7 17	7 38	7 59	7 81

**TRÁFICO INTERNO HACIA GUAYAQUIL****MATRÍZ DE CIRCUITOS PROYECTADA HASTA EL AÑO 2008 CON E=0.01**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>MACHALA</b>	599	612	624	637	650	663	676	689	702	714	727
<b>LOJA</b>	401	404	407	411	414	417	421	424	427	430	434
<b>CUENCA</b>	668	678	688	699	709	719	730	740	750	761	771

**MATRÍZ DE TRIBUTARIOS PROYECTADA HASTA EL AÑO 2008 CON E=0.01**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>MACHALA</b>	20	21	21	22	22	23	23	23	24	24	25
<b>LOJA</b>	14	14	14	14	14	14	15	15	15	15	15
<b>CUENCA</b>	23	23	23	24	24	24	25	25	26	26	26

**MATRÍZ DE TRIBUTARIOS PROYECTADA HASTA EL AÑO 2008 CON E=0.01 (20% FLEXIBILIDAD)**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>MACHALA</b>	25	26	26	27	27	28	28	28	29	29	31
<b>LOJA</b>	17	17	17	17	17	17	19	19	19	19	19
<b>CUENCA</b>	28	28	28	29	29	29	31	31	32	32	32







## **Anexo 5**

**Diagrama de Pozo de empalme**





# **Bibliografía**

## BIBLIOGRAFIA

- 1 CCITT, Planificación general de la red telefónica, UIT, Ginebra, 1983.
- 2 ALCATEL, Principio de la jerarquía digital síncrona, Paris, 1993
- 3 NORTEL, Sistemas de transmisión síncrona, Toronto, 1995
- 4 CCITT Recomendaciones 707 - 709, 781 - 784, 957 - 958, Ginebra, 1994
- 5 SIEMENS, Sistemas de comunicaciones ópticas, Berlin, 1993
- 6 ROBERTO ANGEL ARES, Servicios – Enlaces y Redes, Enero 1996
- 7 ERICSSON, Table of the Erlangs Loss Formula, Estocolmo, 1979
- 8 ASETA, Página Web [www.aseta.org.ec](http://www.aseta.org.ec)
- 9 PETER LANCIER, Colocación económica de cables subterráneos
- 10 Gunther Mahlke y Peter Gossing, Conductores de fibras ópticas, Berlín 1987
- 11 Roger L. Freeman, Telecommunications System Engineering
- 12 ALCATEL, Manual Técnico del 1664 SM
- 13, ALCATEL, Manual Técnico del Multiplexor Síncrono STM – 16 de Inserción y Extracción

14. ALCATEL, Página Web [www.Ans.Alcatel.com/telecom/transpt/optical/news](http://www.Ans.Alcatel.com/telecom/transpt/optical/news)

15. LUCENT, Página Web [WWW.Lucent.com/netsys/optical/net/index.html](http://WWW.Lucent.com/netsys/optical/net/index.html)



  
A.F. 141573