

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“Diseño e implementación de redes de acceso para proveer el servicio de telefonía fija, portadores y servicios de valor agregado por el Grupo TV Cable”

### **TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

### **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

Presentada por:

Gerardo Aníbal Alvarado Arias

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2004

## AGRADECIMIENTO

A todas las personas que colaboraron con la realización de este trabajo, especialmente al Ing. César Yépez Flores, Director de Tesis, por su invaluable ayuda y consejos, y al personal del grupo TV Cable por su colaboración.

# DEDICATORIA

A MI FAMILIA

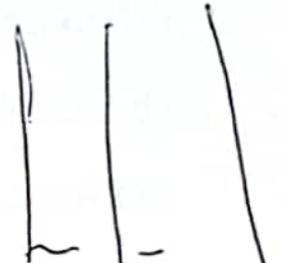
A MIS AMIGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



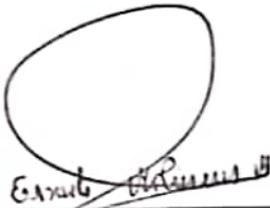
---

Ing. Norman Chootong  
SUBDECANO DE LA FIEC  
PRESIDENTE



---

Ing. César Yépez F.  
DIRECTOR DE TESIS



---

Ing. Ernesto Molineros  
VOCAL



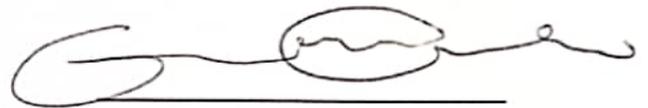
---

Ing. Sara Ríos  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'G' followed by a series of loops and a horizontal line at the end.

Gerardo Alvarado Arias

## RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño de redes de acceso convergentes. Esto quiere decir que una misma red de acceso puede proveer más de un servicio de telecomunicaciones, como voz, datos, video, etc.. El diseño aquí propuesto será implementado por el grupo corporativo TV Cable, al cual le fue otorgado la concesión para la prestación del servicio de telefonía fija local y nacional en agosto del 2002.

En el capítulo 1 explicaré el fenómeno de la convergencia de las redes de telecomunicaciones, más específicamente de las redes de acceso. Mencionaré las diferentes ventajas obtenidas mediante la convergencia, así como los requerimientos técnicos y económicos que deben satisfacerse para alcanzar esta meta. Adicionalmente, presentaré un resumen de las redes de acceso del grupo TV Cable que funcionan actualmente.

En el capítulo 2 describiré el contrato de concesión firmado por TV Cable en agosto del 2002. Enlistaré los derechos y obligaciones otorgados a TV Cable por medio de este contrato y por los reglamentos vigentes.

El capítulo 3 describe el diseño de la red de telefonía, en el cual se presentarán los esquemas de red iniciales y que serán implementados en la puesta en marcha del servicio. Se dimensionan los equipos necesarios para la transmisión de señales y conmutación de canales de voz tomando en cuenta los estudios de tráfico iniciales, el cronograma de puesta en marcha presentado en el capítulo 2, los índices de calidad y grado de servicio, entre otros. Presentaré una breve descripción técnica de un equipo propuesto como central de conmutación y el detalle de las partes que deben adquirirse para alcanzar la capacidad requerida.

En el capítulo 4 trataré las redes de transporte que deben instalarse tanto para los enlaces entre centrales (interurbanos) como para los enlaces a los concentradores o radiobases. Describiré ligeramente las especificaciones de las interfaz de comunicación E1 y de los tipos de señalización telefónica a utilizarse.

En el capítulo 5 presentaré las redes de acceso que van a instalarse para proveer el servicio de telefonía concedido. Para la red HFC describiré cada

elemento de red desagregado, y, explicaré el funcionamiento de la red mediante la implementación de las especificaciones MGCP y DOCSIS.

Para la red WLL explicaré el mercado objetivo para esta red y detallaré el funcionamiento del sistema *eMGW* de *Innowave*, el cual tiene una configuración propietaria que maximiza el uso de los recursos disponibles.

En el capítulo 6 describiré el proyecto de ubicación de equipos en el nuevo headend de TV Cable. Este es el último paso para la implementación de las redes convergentes, ya que permite la interconexión de las redes de voz, vídeo y datos en un solo punto, facilitando las labores de gestión y monitoreo.

En general, esta tesis de grado tiene como objetivo principal cubrir todos los aspectos necesarios para iniciar la prestación del servicio de telefonía utilizando elementos de red existentes y cumpliendo con los requerimientos técnicos impuestos por el CONATEL, con lo que se logra un significativo ahorro en tiempo de instalación y en inversión inicial, beneficiando tanto al proveedor como al usuario.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XXIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO 1

1. CONVERGENCIA DE LAS REDES DE ACCESO.....	4
1.1. Beneficios de utilizar las redes de acceso existentes.....	5
1.1.1. Ventajas para el usuario y los proveedores.....	6
1.1.2. Requerimientos corporativos.....	7
1.2. Telefonía: Retos a vencer.....	8
1.2.1. El clásico par de cobre vs. la paquetización de voz.....	8
1.2.2. Voz sobre IP.....	9
1.3. Redes de acceso del grupo TV Cable.....	13
1.3.1. Redes de acceso alámbricas.....	13

1.3.1.1. Red HFC de TV Cable.....	13
1.3.1.2. Red de datos de Suratel.....	16
1.3.2. Redes de acceso inalámbricas.....	19
1.3.2.1. Red de Aerocable.....	19
1.3.2.2. Concesión WLL.....	20

## CAPÍTULO 2

2. ASPECTO REGULATORIO.....	24
2.1. Detalles de la concesión.....	24
2.1.1. Servicios concesionados.....	24
2.1.2. Frecuencias concesionadas.....	25
2.1.3. Derechos y obligaciones.....	26
2.1.4. Índices de calidad en el servicio de telefonía fija.....	28
2.2. Obligaciones previas a la puesta en marcha.....	29
2.2.1. Cronograma de instalación de equipos e iniciación del servicio.....	31
2.2.2. Plan mínimo de expansión.....	32
2.3. Interconexión.....	33

## CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE LA RED DE TELEFONÍA FIJA.....	37
3.1. Datos del diseño.....	37

3.1.1. Red inicial de TV Cable.....	37
3.1.2. Interconexión.....	38
3.1.3. Redes de acceso iniciales.....	39
3.2. Dimensionamiento de las centrales de conmutación.....	41
3.2.1. Relaciones de tráfico.....	41
3.2.2. Enrutamientos de tráfico.....	42
3.2.3. Matrices de tráfico.....	43
3.2.4. Cálculo de circuitos.....	46
3.2.4.1. Capacidad de los enlaces troncales.....	48
3.2.4.2. Capacidad requerida para la central de conmutación.....	56
3.3. Propuesta de Huawei Technologies.....	58
3.3.1. Especificaciones técnicas.....	58
3.3.1.1. Arquitectura del sistema.....	59
3.3.1.2. AM/CM.....	60
3.3.1.3. SM.....	63
3.3.2. Configuración a implementar.....	66
3.3.3. Operación y mantenimiento.....	69

## CAPÍTULO 4

4. RED DE TRANSPORTE.....	71
4.1. Enlace con las redes de acceso.....	71

4.2. Enlaces interurbanos.....	71
4.3. Enlaces de interconexión.....	73
4.4. Especificaciones técnicas.....	73
4.4.1. La interfaz E1.....	73
4.4.2. Señalización telefónica.....	75
4.4.2.1. V5.2.....	77
4.4.2.2. Señalización 7.....	81

## CAPÍTULO 5

5. DISEÑO DE LAS REDES DE ACCESO.....	85
5.1. Red de acceso HFC.....	86
5.1.1. Especificaciones técnicas.....	86
5.1.1.1. MTA.....	88
5.1.1.2. TAPs.....	89
5.1.1.3. Nodo óptico.....	90
5.1.1.4. Patch panel óptico.....	90
5.1.1.5. Amplificadores ópticos.....	91
5.1.1.6. Chasis de retorno.....	91
5.1.1.7. CMTS.....	92
5.1.1.8. IPDT.....	94
5.1.2. Funcionamiento de la red.....	98
5.1.2.1. Requerimientos.....	98

5.1.2.2. Análisis de fallas.....	102
5.1.2.3. El protocolo MGCP.....	103
5.1.2.3.1. Establecimiento de una llamada.....	106
5.1.2.3.2. Eventos y señales.....	109
5.2. Red de acceso WLL.....	111
5.2.1. Mercado objetivo.....	112
5.2.2. Especificaciones técnicas.....	114
5.2.3. Equipos propuestos.....	117
5.2.3.1. Componentes y arquitectura del sistema.....	117
5.2.3.2. Funcionamiento de la red.....	126
5.2.3.3. Gestión y mantenimiento WLL.....	131

## CAPÍTULO 6

6. PROYECTO DE COUBICACIÓN DE EQUIPOS PARA LA CONVERGENCIA.....	134
6.1. Construcción del edificio.....	136
6.1.1. Diseño de espacio para los racks de telecomunicaciones.	136
6.1.2. Diseño del área de monitoreo.....	141
6.2. Sistema de climatización.....	142
6.3. Requerimientos eléctricos.....	143
6.3.1. Diseño del sistema de energía.....	143
6.3.2. Acometida eléctrica.....	147

6.3.3. Puesta a tierra de sistemas eléctricos.....	149
6.4. Proyecto de traslado de equipos.....	153
6.4.1. TV Cable headend.....	153
6.4.2. Suratel telepuerto.....	156
6.4.3. Satnet Urdesa.....	157
CONCLUSIONES.....	159
RECOMENDACIONES.....	162
APÉNDICE A.....	163
APÉNDICE B.....	166
APÉNDICE C.....	170
BIBLIOGRAFÍA.....	180

## ABREVIATURAS

ADC	Analog - Digital Converter
AM/CM	Módulo de administración y control
AN	Access Network
AP	Abonados propios
AT	Andinatel
BAM	Backward Administration Module
BCC	Bearer channel control
CAS	Señalización asociada al canal
CATV	Cable Television
CCS	Señalización por canal común
CDMA	Code Division Multiple Access
CMTS	Cable Modem Terminal System
Coax	Coaxial
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
CPM	Central Processing Module
Cu	Cobre
DAC	Digital - Analog Converter / Convertidor Digital - Analógico
DES	Data Encryption Standard

DOCSIS	Data over cable service interface specification
DSP	Procesador de señal digital
FH CDMA	Frequency Hoping CDMA
FO	Fibra Óptica
GHz	Gigahertz
GYE	Guayaquil
HDSL	High-Speed DSL
HFC	Hybrid Fiber-Coaxial
IN	Red Inteligente
IP	Internet Protocol
IPDT	Internet Protocol Digital Trunk
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISDN PRI	ISDN Primary Rate interface
ISP	Internet Service Provider
ISUP	ISDN User Part
ITU	International Telecommunications Union
LAN	Red de área local
LDN	Larga distancia nacional
LE	Local Exchange
MAC	Media Access Control
Mbps	Megabits per second
MCH	Machala

MDF	Multipoint Distribution Frame
MGCP	Media Gateway Control Protocol
MHz	Megahertz
MTA	Media Terminal Adapter
MTP	Message Transfer Part
NCS	Network-based Call Signaling
NGN	New Generation Network
NMM	Network Management Module
NOC	Network Operation Center
OMAP	Operation and Maintenance Application Part
PC	Personal Computer
PCM	Pulse Code Modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
POI	Point of Interconnection
POTS	Plain Old Telephone Service
PPV	Pay per View
PSTN	Public Switched Telephone Network
PT	Pacifictel
QoS	Calidad de servicio
QTO	Quito
RF	Radiofrecuencia
SAPI	Service Access Point Identifier

SCCP	Signaling Connection Control Part
SCP	Signaling Control Point
SCPC	Single Carrier per Channel
SDH	Synchronous Digital Hierarchy / Jerarquía digital síncrona
SENATEL	Secretaría Nacional de Telecomunicaciones
SM	Módulo de conmutación
SS7	Signaling System 7
SSP	Signaling Switching Point
STP	Signaling Transfer Point
TCAP	Transaction Capacities Application Part
TCP	Tranmision Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
UDP	User Datagram Protocol
UPS	Uninterruptible Power Supply
VoIP	Voice over Internet protocol
VSAT	Very Small Aperture Terminal
WAN	Red de área Amplia
WANU	Wireless Access Network Unit
WASU	Wireless Access suscriber Unit
WLL	Wireless Local Loop

xDSL      x Digital Subscriber Line

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.	Convergencia de redes.....	5
Figura 1.2.	Grupo Corporativo TV Cable.....	7
Figura 1.3.	Red de acceso por par de cobre.....	8
Figura 1.4.	Arquitectura de la red HFC.....	14
Figura 1.5.	Backbone de Suratel – Guayaquil.....	18
Figura 1.6.	Redundancia de pares de cobre.....	19
Figura 1.7.	Red de acceso WLL.....	21
Figura 1.8.	Arquitectura del sistema WLL.....	22
Figura 3.1.	Red inicial TV Cable.....	38
Figura 3.2.	Interconexión.....	39
Figura 3.3.	Redes de Acceso a implementar.....	40
Figura 3.4.	Relaciones de tráfico en la central Quito.....	41
Figura 3.5.	Relaciones de tráfico en la central Guayaquil.....	42
Figura 3.6.	Relaciones de tráfico en la central Machala.....	42
Figura 3.7.	Enrutamientos de tráfico Quito.....	43
Figura 3.8.	Enrutamientos de tráfico Guayaquil.....	43
Figura 3.9.	Enrutamientos de tráfico Machala.....	43
Figura 3.10.	Enlaces de interconexión.....	57

Figura 3.11. Central de conmutación Huawei C&C08.....	58
Figura 3.12. Arquitectura del C&C08.....	60
Figura 3.13. AM/CM.....	61
Figura 3.14. Arquitectura del SM.....	64
Figura 4.1. Red interurbana.....	72
Figura 4.2. Interfaz V5.2.....	77
Figura 4.3. Descripción funcional de la interfaz V5.2.....	78
Figura 4.4. Arquitectura de protocolos de la interfaz V5.2.....	80
Figura 4.5. Señalización por canal común.....	81
Figura 4.6. Componentes de SS7.....	82
Figura 4.7. PSTN con SS7.....	83
Figura 5.1. Red de acceso para telefonía sobre HFC.....	87
Figura 5.2. Estructura del MTA.....	89
Figura 5.3. Arquitectura de software para Voz-sobre-Paquetes.....	95
Figura 5.4. Conexión de una llamada en MGCP.....	107
Figura 5.5. Arquitectura del sistema eMGW.....	118
Figura 5.6. eRPCU.....	119
Figura 5.7. eRPC.....	122
Figura 5.8. EFAU.....	124
Figura 5.9. FH CDMA.....	127
Figura 5.10. Asignación dinámica del ancho de banda.....	130
Figura 5.11. Arquitectura jerárquica del IMS.....	133

Figura 6.1. Ubicación de los racks.....	140
Figura 6.2. Sistema de alimentación eléctrica.....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Distribución del Espectro en la red HFC.....	15
Tabla 2.	Ubicación de los nodos de Suratel.....	17
Tabla 3.	Bandas de uso de frecuencia para WLL.....	23
Tabla 4.	Índices de calidad.....	29
Tabla 5.	Cronograma de puesta en marcha.....	31
Tabla 6.	Cronograma de desarrollo del Plan Mínimo de Expansión...	32
Tabla 7.	POI de las operadoras actuales.....	36
Tabla 8.	Calculo de E1s para los enlaces troncales.....	40
Tabla 9.	Matriz de tráfico Quito.....	44
Tabla 10.	Matriz de tráfico Guayaquil.....	45
Tabla 11.	Matriz de tráfico Machala.....	45
Tabla 12.	Grado de Servicio.....	46
Tabla 13.	Matriz de circuitos Quito.....	47
Tabla 14.	Matriz de circuitos Guayaquil.....	47
Tabla 15.	Matriz de circuitos Machala.....	48
Tabla 16.	Capacidad requerida para la central de conmutación.....	57
Tabla 17.	Partes cotizadas para la central C&C08 de Huawei.....	67
Tabla 18.	Características de la interfaz E1.....	76

Tabla 19.	DOCSIS.....	99
Tabla 20.	Tipos de eFAUs.....	125
Tabla 21.	Capacidad de líneas telefónicas.....	131
Tabla 22.	Traslado de equipos.....	135
Tabla 23.	Racks a ubicar en el nuevo headend.....	139
Tabla 24.	Requerimientos del área de monitoreo.....	141
Tabla 25.	Generación de calor en BTU.....	142
Tabla 26.	Consumo de potencia de equipos en KW.....	143
Tabla 27.	Características del transformador.....	149

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Cobertura HFC Guayaquil – Norte.....	164
Plano 2	Cobertura HFC Guayaquil – Sur.....	165

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el diseño de dos tipos de redes de acceso a ser implementadas por el grupo TV Cable, para la prestación del servicio de telefonía fija (voz), para servicios portadores (datos), y servicios de valor agregado (Internet). Cuando una misma red física tiene la capacidad de prestar distintos tipos de servicios, se la denomina una *red de acceso convergente*. Este tipo de redes aún no han sido instaladas en el Ecuador, y la implementación de el diseño aquí propuesto será un gran paso en el desarrollo de las telecomunicaciones en nuestro país.

Con la apertura del mercado de las telecomunicaciones en el Ecuador en el año 2002, se dio paso a la libre competencia de proveedores de servicios. TV Cable es una de las empresas que le fue otorgada la concesión para prestar los servicios de telefonía fija local y nacional, y también es la que más ventajas tienes sobre las demás, ya que posee una infraestructura de red ya instalada en las principales ciudades del país, con lo que logra un ahorro significativo de tiempo y de inversión.

Se describirán los beneficios de la convergencia de redes, las redes actuales instaladas, y los retos a vencer en el servicio de telefonía, para plantear el escenario en el cual se ejecutará el proyecto. También se describirán las

obligaciones con el ente regulatorio adquiridas y el contenido de los documentos que deben presentarse previo a la puesta en marcha.

Se realizará el diseño de dos redes de acceso: HFC y WLL. La red de acceso HFC consiste en una red alámbrica de banda ancha en la cual se multiplexan los servicios de CATV, cablemódem (Internet), y el tráfico de voz de telefonía. Esta es la red actual de distribución de CATV, pero es necesario adecuar los elementos de la red e instalar equipos tanto en las premisas del usuario como en el centro de operaciones. Se describirá cada uno de estos elementos de red así como el funcionamiento de la red completa.

La red de acceso por WLL es una red inalámbrica de banda ancha. Esta red permitirá el acceso a usuarios cuya ubicación no esté dentro de los planos de cobertura de la red HFC ya instalada. Permitirá el tráfico de voz y datos mediante un sistema avanzado de manejo del espectro propietario del proveedor de los equipos para WLL. Este sistema y los elementos que lo constituyen serán descritos en detalle.

También se dimensionarán las centrales de conmutación a ser instaladas para la puesta en marcha, así como la red de transporte interurbana, de acuerdo a estudios estadísticos realizados tomando como base el tráfico de voz que maneja actualmente Pacifictel.

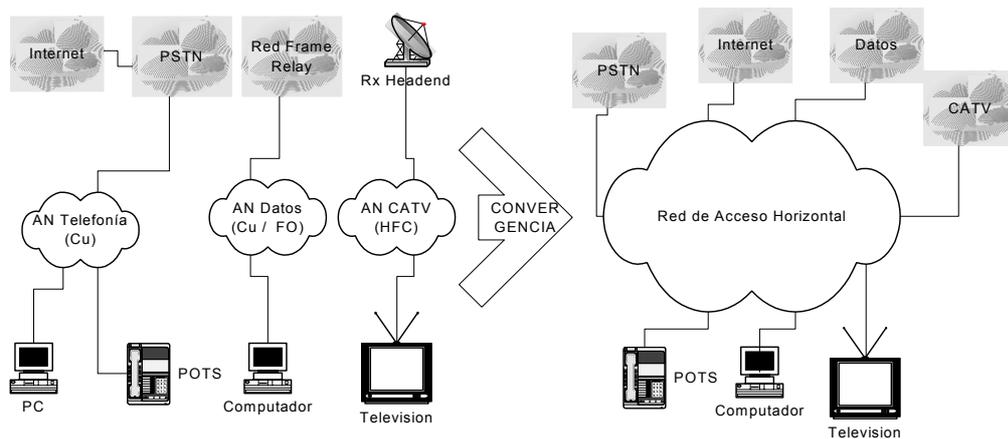
Como último paso del proyecto se describe la construcción de el nuevo edificio (headend) donde estarán coubicados todos los equipos de telecomunicaciones, para hacer más efectiva la labor de gestión y mantenimiento de las nuevas redes.

# CAPITULO 1

## 1. CONVERGENCIA DE LAS REDES DE ACCESO

Desde la revolución de Internet en los años 90's, el sector de las telecomunicaciones se ha convertido en un factor decisivo en el crecimiento de cada país. De hecho, se ha llegado a comparar la Internet con la máquina de vapor, ambas piezas clave en la economía mundial, aunque en distintas épocas. La globalización obliga a las empresas a ser competitivas a nivel internacional, haciendo de la Internet, la transmisión de datos y la telefonía recursos indispensables para mantenerse a flote. A su vez, los proveedores de servicios de telecomunicaciones deben desarrollar tecnología innovadora, para capturar un mercado cada día más exigente.

Los servicios de telecomunicaciones de voz y datos han ido evolucionando paralelamente a través de los años. A pesar de que la necesidad de ambos servicios es igual, la tecnología para éstos se ha desarrollado por separado.



**Figura 1.1. Convergencia de Redes**

Una visión emprendedora es la convergencia de redes de voz y datos. La tecnología hoy en día permite esto sin la necesidad de crear redes independientes para proveer cada servicio. La interconexión de las redes existentes de datos, video, etc; en conjunto con la implementación de redes de acceso horizontales, permite a los operadores proveer no solamente un servicio, sino una solución completa de telecomunicaciones.

### **1.1. Beneficios de utilizar las redes de acceso existentes.**

Para crear redes convergentes, se debe poseer la tecnología para poder proveer distintos servicios por una misma vía. La red debe tener

la capacidad de transmitir el ancho de banda suficiente sobre el cual se pueda montar los diferentes canales de voz, datos, video, etc.

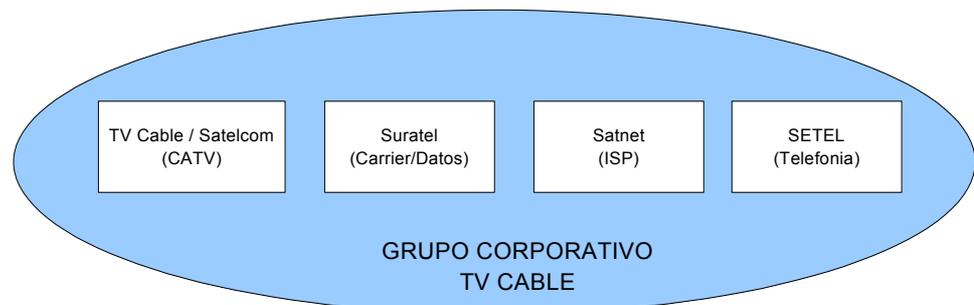
En la mayoría de los casos, no es viable crear nuevas redes debido al elevado costo y tiempo de instalación requerido. Actualmente, las grandes ciudades ya poseen redes alámbricas que cubren una parte considerable de su espacio geográfico, entre los cuales se destacan la red de acceso de telefonía (cobre) y la red de televisión por cable (HFC). Se utilizan las tecnologías xDSL y Cablemodem respectivamente para darle a estas redes más capacidad.

#### **1.1.1. Ventajas para el usuario y los proveedores.**

- Tiempo de instalación mínimo
- Menores costos de implementación
- Gestión y mantenimiento centralizado
- Sencilla creación de nuevos servicios
- Fácil evolución a la red de nueva generación (NGN)
- El usuario puede escoger los servicios que desea recibir sin cambiar la acometida.

### 1.1.2. Requerimientos corporativos

Para que una empresa pueda proveer todos los servicios de telecomunicaciones, requeriría una inversión gigantesca. Gracias a la apertura del mercado de telecomunicaciones, la empresa privada puede enfrentar a este desafío. La concesión del servicio de telefonía y los rubros que ésta puede generar es el primer paso para la convergencia. Las empresas portadoras, ISPs y proveedoras de CATV se integran, interconectan sus redes, y, utilizando la tecnología antes mencionada, pueden alcanzar el objetivo de hacer de sus redes verticales una sola red horizontal.



**Figura 1.2. Grupo Corporativo TV Cable**

Para el caso propuesto en esta tesis, trataremos la integración de Satelcom, TV Cable, Suratel, Satnet y la nueva operadora SETEL en el Grupo Corporativo TV Cable.

## 1.2. Telefonía: Retos a vencer

Cuando un abonado telefónico descuelga su teléfono para hacer una llamada, debe esperar el mismo resultado de cualquiera sea su operador del servicio. Al entregar el tráfico de voz a una red convergente, existen ciertas dificultades que deben superarse.

### 1.2.1. El clásico par de cobre vs. la paquetización de voz.

Desde el principio, el servicio telefónico a llegado hasta el usuario a través de un par de cobre en una conexión punto a punto desde la oficina central (MDF) hasta el terminal del usuario.

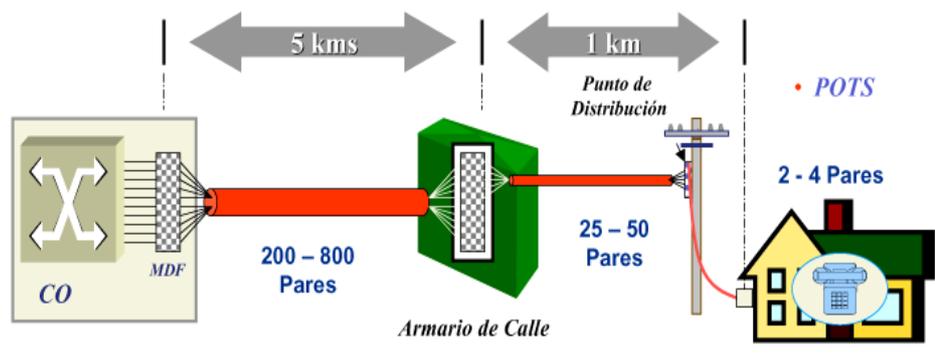


Figura 1.3. Red de acceso por par de cobre

El acceso hasta el abonado se lo hace de manera análoga. Como la voz humana varía principalmente entre 300 a 3000 Hz, el ancho de banda que ofrece el par de cobre es mas que suficiente para cubrir este servicio a satisfacción, dependiendo únicamente de la distancia entre el aparato telefónico y la central de conmutación o concentrador.

En las redes de acceso convergentes, la voz está multiplexada en un canal junto con los datos y demás servicios. Para aprovechar al máximo el limitado ancho de banda que provee el medio, se debe convertir la voz a paquetes digitales de datos. Esto permite ocupar los intervalos ociosos de la voz para transmitir datos e información de control. Si no se asigna un canal dedicado para la transmisión de paquetes de voz, éstos irán mezclados con los de datos, lo cual presenta problemas adicionales que se deben solucionar de acuerdo a como se manejen dichos paquetes en la red.

### **1.2.2. Voz sobre IP**

Para implementar la voz sobre la red HFC de TV Cable, se convertirá primero la voz a paquetes IP, por lo que se tendrá

que vencer los obstáculos típicos de una red IP de datos, pero que son de mucha consideración cuando se trata de voz. Entre éstos podemos nombrar:

**Latencia:** (delay) causa dos problemas: eco y sobreimposición de voz. Eco es la reflexión de la voz del que habla, y es un problema significativo cuando el retardo es mayor a 50 milisegundos. El equipo usado debe incluir canceladores de eco. La sobreimposición de voz se vuelve considerable cuando el retardo en una vía se vuelve mayor a 250ms. Entre los tipos de retardo, podemos considerar:

***Retardo de acumulación:*** (accumulation delay) Es el tiempo que el equipo se tarda en recolectar las muestras de la señal de voz en un frame. Varía entre el tiempo de una muestra (0.125ms) a varios milisegundos.

***Retardo de Procesamiento:*** (processing delay) Es el tiempo que el equipo demora en codificar y agrupar los frames de voz. Depende tanto del hardware del procesador como del algoritmo utilizado.

**Retardo de la Red:** (network delay) Depende de la capacidad real de la red y del tamaño de los buffers de paquetes, así como de los protocolos utilizados para tratar los paquetes de voz.

**Retardo de Consulta:** (polling delay) Este retardo es característico de las redes IP, debido a que el equipo concentrador (lado de la central) no mantiene una conexión continua con el equipo del usuario, sino que consulta constantemente todos los equipos para saber quien va a transmitir en cierto momento. El retardo se produce cuando un equipo espera a su turno en la consulta para transmitir.

**Eco:** Como fue explicado anteriormente, el eco es considerable en la VoIP debido a que el retardo casi siempre es mayor a 50ms. Los estándares G.165 y G.168 de la ITU establece los requerimientos para los canceladores de eco.

**Jitter:** Es el tiempo variable entre paquetes, ya que no se transmiten todos los paquetes a la misma velocidad en la red. Es la principal causa del retardo, ya que se debe dar tiempo a que los paquetes mas lentos lleguen para reconstruir la señal

de voz. El equipo maneja estadísticas de este factor para dimensionar el buffer y minimizar su impacto

**Paquetes perdidos:** El mismo problema que aparece en las redes de datos IP, pero que no es considerable ya que si un paquete se pierde, se puede retransmitir. En el caso de la voz, esto no se puede hacer, por lo que algunas de las soluciones pueden ser:

***Interpolación:*** Se repite el último paquete recibido durante el tiempo que debería estar el paquete perdido. Esto funciona cuando la pérdida de paquetes es mínima, pero no cuando hay paquetes consecutivos perdidos.

***Redundancia:*** Consiste en mandar la información de voz de manera redundante. Quiere decir mandar el paquete  $n$  junto con el paquete  $n+1$ . Esto utiliza un mayor ancho de banda y aumenta el retardo.

***Voice Coder:*** Utiliza la solución de redundancia en conjunto con hardware que utiliza menor ancho de banda. No reduce el problema del retardo.

Adicional a esto, se presentan otras dificultades para implementar fax sobre una línea de VoIP. Un retardo excesivo obligaría al protocolo de fax cancelar la llamada, además no se puede utilizar la técnica de interpolación para paquetes perdidos.

### **1.3.Redes de acceso del grupo TV Cable**

El grupo TV Cable tiene a su disposición las redes de acceso construidas por las empresas miembros, las cuales se encuentran en funcionamiento actualmente.

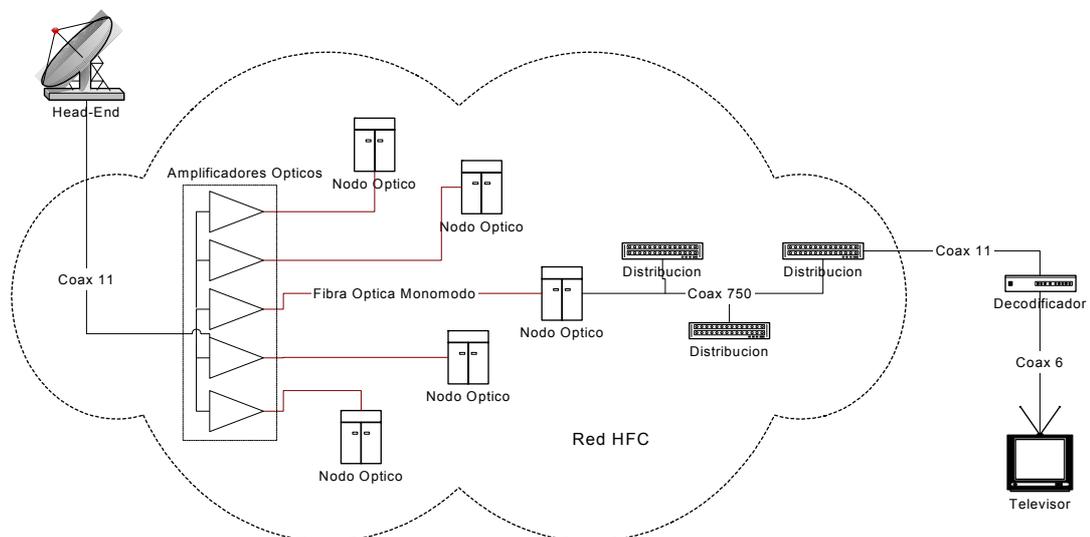
#### **1.3.1. Redes de Acceso Alámbricas**

##### **1.3.1.1. Red HFC de TV Cable**

Esta red inició su construcción en el año 1986. Hoy en día, es la red más extensa del país para este tipo de servicio, con cobertura en las ciudades de Ambato, Cuenca, Guayaquil, Ibarra, Loja, Machala, Manta, Portoviejo, Quito, Riobamba, Salinas y Tulcán.

La cobertura en la ciudad de Guayaquil se la muestra en el apéndice A.

La red tiene una topología tipo árbol. Se comunica por medio de fibra óptica desde el headend hasta los nodos y por cable coaxial desde los nodos hasta el usuario. Cada nodo tiene una capacidad máxima de 2000 usuarios. Actualmente existen 50 nodos instalados en la ciudad.



**Figura 1.4. Arquitectura de la red HFC**

Desde 1995 se comenzó a reemplazar los nodos ópticos, inicialmente unidireccionales, por nodos bidireccionales (full dúplex), con el objeto de realizar un monitoreo adecuado de los nodos de red y equipos terminales, y para prestar más y mejores servicios, como Pay Per View para televisión por cable y Cablemodem para Internet.

Estos servicios multimedia se pueden lograr al segmentar el gran ancho de banda que provee la fibra óptica, el cual está repartido como indica la tabla 1. Se puede alcanzar velocidades de hasta 27Mbps en el downstream y 10Mbps en el upstream con una eficiencia espectral de 4.5 y 1.6 bits/hz respectivamente.

Servicio	Frecuencia	Ancho de Banda	Transmisión	Modulación
Video	55,25 MHz - 575 MHz	6MHz/canal (máx. 86)	Broadcast	VSB
Cablemodem	597 MHz	6 MHz	Upstream	QPSK
Cablemodem	31 MHz	6 MHz	Downstream	256QAM
PPV	8,9 MHz	6 MHz	Upstream	
PPV	106,5 MHz	6 MHz	Downstream	

**Tabla 1. Distribución del Espectro en la red HFC**

La red de fibra óptica, originalmente tipo árbol, fue modificada en una parte para que, mediante arriendo de infraestructura, sea utilizada como backbone para la red de datos de Suratel, cerrando un anillo. Actualmente se utiliza un 40% de la capacidad física total de la red.

#### **1.3.1.2. Red de Datos de Suratel**

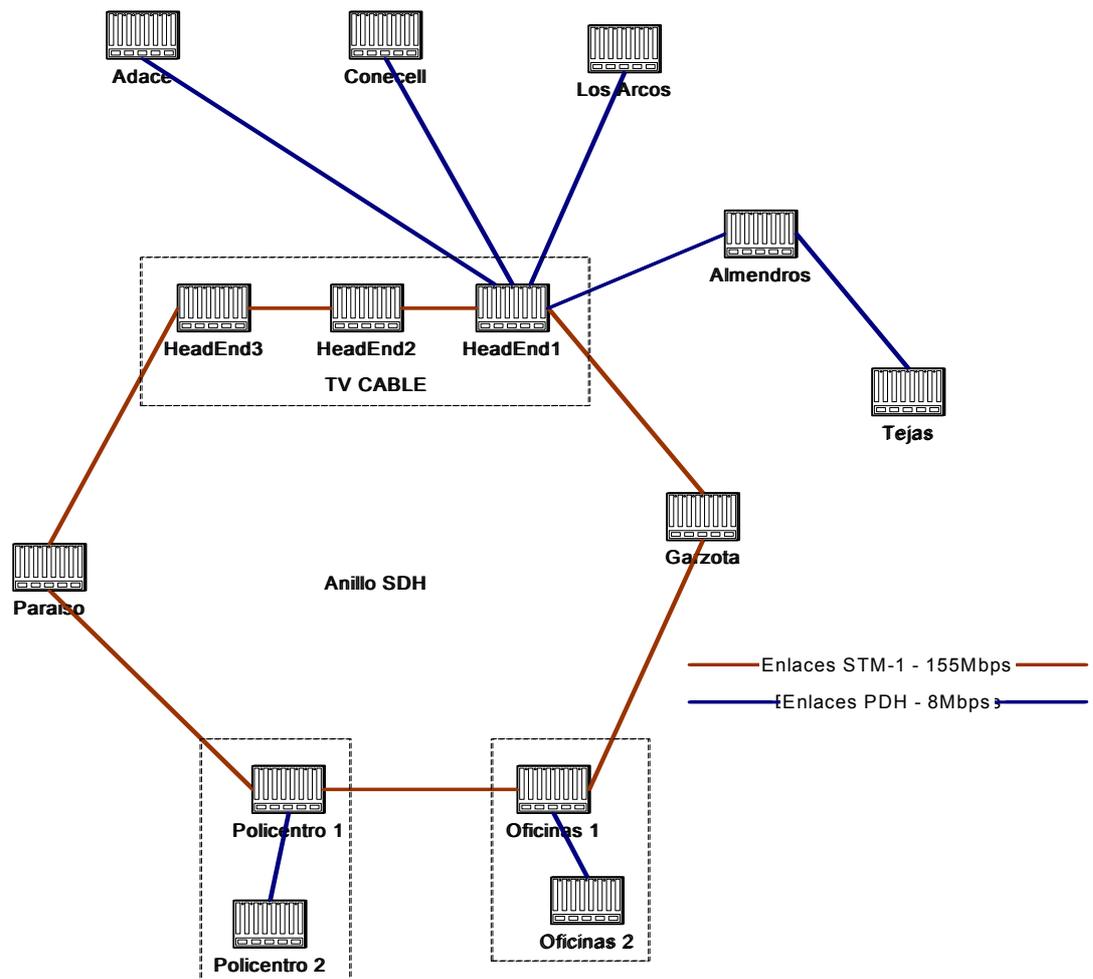
Para proporcionar el servicio de transmisión de datos, Suratel posee un red de cobre de acceso al usuario, con un backbone de fibra óptica a nivel urbano. Para los enlaces interurbanos utiliza saltos satelitales por medio de su propia infraestructura, y enlaces radioeléctricos usando servicios portadores y las redes de Conecel y Otecel. Tiene cobertura en las ciudades de Manta, Portoviejo, Machala, Riobamba, Quito, Santo Domingo, Cuenca, Ibarra y Ambato. Ofrece los servicios de transmisión de datos a nivel nacional e internacional, utilizando una red Frame Relay de conmutación de Paquetes, o por medio de canales dedicados. (Clear Channel).

Para poder cubrir el área geográfica de la ciudad de Guayaquil, Suratel posee nodos estratégicamente ubicados en los lugares detallados a continuación:

NODO	DIRECCIÓN
PARAISO	CDLA PARAISO LOS CIRUELOS MZ-J VILLA 7
OFICINAS	CHILE 303 Y LUQUE ED. TORRE AZUL OF. 205 MEZZANINE
GARZOTA	AV. AGUSTIN FREIRE E-1 MZ-1 VILLA 11
ALMENDROS	CDLA VILLAMIL MZ-D VILLA 18
POLICENTRO	AV. FRANCISCO BOLOÑA 711
TEJAS	CDLA TEJAS MZ-1 VILLA 7
TVCABLE	KM 2 1/2 AV. JUAN TANCA MARENGO
LOS ARCOS	KM 1 1/2 AV. SAMBORONDON DESPACHO DE SUPERMAXI LOS ARCOS
CONECELL	AV. FRANCISCO DE ORELLANA Y ALBERTO BORGES
ADACE	CDLA ADACE CALLE 11 Y LA B

**Tabla 2. Ubicación de los nodos de Suratel**

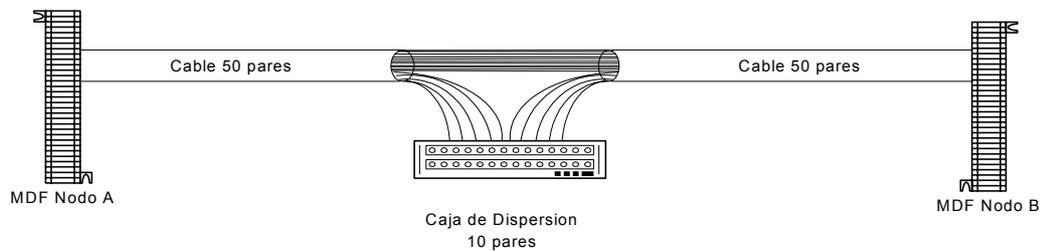
Un diagrama del backbone de esta red se muestra a continuación:



**Figura 1.5. Backbone de Suratel – Guayaquil**

El acceso al usuario se lo logra a través de una red de distribución de pares de cobre, similar a la red de acceso telefónica de la figura 1.3, solo con la diferencia que se aplica redundancia de nodos para estas líneas, lo que permite entre muchas ventajas, duplicar la

capacidad del cable multipar y un menor tiempo de reparación en caso de fallas de cableado.



**Figura 1.6. Redundancia de pares de cobre**

Se utiliza la tecnología HDSL para maximizar el ancho de banda del par de cobre, lo que permite transmitir hasta un E1 (2Mbps), siempre y cuando la distancia entre el terminal y el nodo sea menor a 2 Km.

Suratel tiene un telepuerto ubicado con el nodo en la ciudadela Adace. Utiliza las tecnologías SCPC y VSAT para comunicación satelital.

### **1.3.2. Redes de Acceso Inalámbricas**

#### **1.3.2.1. Red de Aerocable**

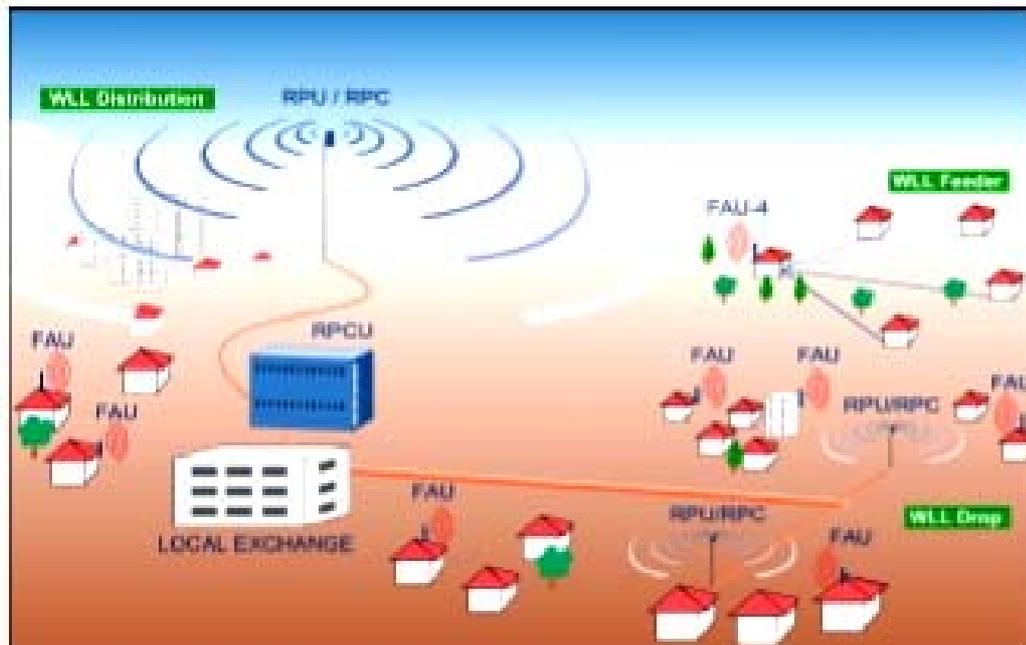
La Red de Aereocable, con cobertura en Quito y Guayaquil, provee el servicio de CATV a los usuarios de estas ciudades cuya ubicación no se encuentre dentro de la cobertura de la red HFC. Este servicio ofrece menor número de canales, y no es bidireccional, por lo que no puede brindar todos los servicios de la red HFC.

Se brinda este servicio en la banda UHF (687.2 MHz a 801.25MHz), con sendos transmisores para cada canal analógico ubicados en Cerro Azul con paneles de radiación apuntando precisamente a las zonas sin cobertura por la red HFC. Los canales se codifican para evitar su recepción no autorizada.

#### **1.3.2.2. Concesión WLL**

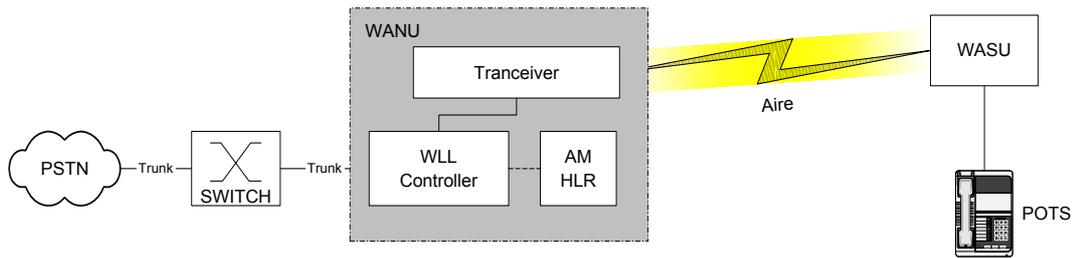
La licencia otorgada a Setel para proveer los servicios concesionados *a través de medios físicos y/o radioeléctricos* le brinda a esta empresa la oportunidad de aprovechar este valioso recurso que se ha vuelto muy popular en el mundo los últimos años. Esta

tecnología ha permitido brindar el servicios de telecomunicaciones en áreas donde no existe una red física o donde ésta se ha vuelto obsoleta.



**Figura 1.7. Red de acceso WLL**

Como se indica en la figura, WLL consiste en un acceso radioeléctrico hasta el lugar del usuario. La arquitectura básica de un sistema WLL se muestra a continuación:



**Figura 1.8. Arquitectura del sistema WLL**

Se puede observar que la unidad de acceso inalámbrica WANU actúa como un concentrador, ya que está conectada al switch por medio de enlaces troncales. Esta configuración muestra únicamente el acceso al servicio de telefonía. Modelos avanzados de sistemas WLL permite tener acceso a varios servicios interconectando WANU no solamente al switch telefónico, sino al ISP y a los nodos de la red de datos por medio de enlaces de alta velocidad.

El sistema WLL se ubica alrededor de la frecuencia de los 3.5 GHz, dividida en las bandas:

<b>Banda</b>	<b>Frecuencias</b>
A-A'	(3.400 GHz – 3.425 GHz) y (3.500 GHz – 3.525 GHz)
B-B'	(3.425 GHz – 3.450 GHz) y (3.525 GHz – 3.550 GHz)
C-C'	(3.450 GHz – 3.475 GHz) y (3.550 GHz – 3.575 GHz)
D-D'	(3.475 GHz – 3.500 GHz) y (3.575 GHz – 3.600 GHz)

**Tabla 3. Bandas de uso de frecuencia para WLL**

La tecnología utilizada para el acceso múltiple del usuario varía de acuerdo al equipo escogido. La eficiencia espectral en estos sistemas está entre 1 y 3 bits/hz.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. ASPECTO REGULATORIO**

### **2.1. Detalles de la concesión**

El contrato de concesión firmado el día 26 de agosto del 2002, entre la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) y la empresa Servicios de Telecomunicaciones S.A. (SETEL), se especifican algunos puntos de consideración para cumplir con los objetivos de esta tesis de grado, entre ellos, aspectos técnicos y plazos de ejecución.

#### **2.1.1. Servicios Concesionados**

**La cláusula quinta del contrato de  
concesión titulada “Objeto y servicios**

**concedidos” indica claramente la  
autorización para prestar los siguientes  
servicios:**

- Telefonía Fija Local, Larga Distancia nacional por medios físicos y/o radioeléctricos y servicios suplementarios
  
- Servicios portadores a través de:
  - i. Redes conmutadas (paquetes o circuitos)
  - ii. Redes no conmutadas (dedicados)Por medios físicos y/o radioeléctricos
  
- Servicio de telefonía pública por medio de cabinas, centros de servicios, terminales públicos y otros.

El área de concesión para los servicios concedidos es el territorio nacional de la República del Ecuador.

**2.1.2. Frecuencias concesionadas**

**En la cláusula 42ª se asigna a la  
concesionaria la banda de frecuencias del**

**bloque B-B' (3,425 – 3,450/3,525 – 3,550) Mhz  
para proveer los servicios concesionados.**

**2.1.3. Derechos y Obligaciones**

En el contrato se establecen algunos derechos y obligaciones de la concesionaria, entre los cuales podemos destacar:

- Podrá utilizar cualquier innovación tecnológica para proveer los servicios que son objeto de la concesión.
- Tiene la posibilidad de realizar todas las operaciones que permita la convergencia tecnológica de los servicios concedidos en beneficio de los usuarios y del interés general.
- Está obligada a proveer acceso a su red de telecomunicaciones a otros concesionarios de telefonía pública, y éstos pueden ser contabilizados para cumplir con las metas del plan de expansión.

- Para obtener los títulos habilitantes para prestar otros servicios de telecomunicaciones, la concesionaria está exenta de presentar credenciales de capacidad técnica y económica, o estará automáticamente calificada en caso de concurso.
  
- Se debe iniciar la prestación del servicio en un plazo máximo de 12 meses luego de la firma del contrato.
  
- Se debe instalar un mínimo de 50,000 líneas en los primeros 5 años, de las cuales, el 25% debe estar fuera de las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca, y un mínimo del 1% en teléfonos públicos.
  
- Se debe implementar la modalidad multicarrier.
  
- Los equipos deben ser de reciente tecnología y deben permitir la incorporación de nuevos servicios.
  
- Debe darse igualdad de trato y trato no discriminatorio para con el cliente.

- Se prohíben las ventas atadas.
  
- Tiene el derecho interconectarse a otras redes y sistemas que provean servicios de telecomunicaciones, y al mismo tiempo está obligado a prestar los servicios de interconexión y conexión a su red.
  
- Puede permitir el acceso a elementos desagregados de la red.
  
- No está obligada a poner a disposición a terceros el bucle local.
  
- Está obligada a aplicar los Planes Técnicos Fundamentales de Numeración, Señalización, Calidad y Sincronismo a su red de telecomunicaciones.
  
- Podrá construir y operar sus propias redes de telecomunicaciones para proveer los servicios concesionados, contratarlas a otros operadores autorizados, o conformar una estructura con bienes propios o de terceros.

#### **2.1.4. Índices de calidad en el servicio de telefonía fija**

En el anexo 6 del contrato de concesión firmado por SETEL S.A., se presentan las siguientes metas mínimas de calidad de servicio:

	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Índices</b>
1	Llamadas completadas locales	%	52.00
2	Llamadas completadas nacionales	%	51.50
3	Llamadas completadas internacionales	%	47.00
4	Llamadas completadas a servicios de operadora	%	68.50
5	Tono de discar en menos de 3 segundos	%	99.00
6	Tiempo de respuesta de operadoras	Segundos	16.50
7	Espera mayor a 15 segundos en servicios de operadora	%	30.50
8	Averías por cada 100 líneas por mes	Averías/100 * mes	3.60
9	Averías reparadas en 24 horas	%	50.00
10	Averías reparadas en 48 horas	%	69.00
11	Averías reparadas en 7 días	%	87.50
12	Cumplimiento de visitas de reparación	%	74.00
13	Peticiones de servicio satisfechas en 5 días	%	25.00
14	Satisfacción de los usuarios	%	63.00
15	Reclamos de facturación	%	0.50
16	Oportunidad de facturación	Días	20.00

**Tabla 4. Índices de calidad**

## **2.2. Obligaciones previas a la puesta en marcha.**

El contrato de concesión especifica que se deben presentar cierta documentación técnica para someterse a su aprobación de la Superintendencia de Telecomunicaciones. Estos documentos deben contener los detalles técnicos de la configuración a implementar, así como los cronogramas de trabajo a seguir, un plan de acción preeliminar a seguirse durante el primer año de funcionamiento, y el plan mínimo de expansión.

El anexo 4 del contrato de concesión describe la información que debe incluir el perfil del proyecto técnico, documento que debe ser entregado a SENATEL y aprobado previo a la puesta en marcha. Entre tales datos están:

- Tecnología a emplear.
- Sistemas de conmutación, transporte, acceso y gestión de red.
- Esquema de configuración de la red.
- Capacidad de la red.

- Ubicación de las centrales de conmutación.
- Relación del equipamiento a instalar indicando marca y modelo.

Todos estos datos se explicarán con detalle en el capítulo siguiente.

### 2.2.1. Cronograma de instalación de equipos e iniciación del servicio.

ACTIVIDADES	MESES											
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
Site Survey	---	---	---									
Obras Civiles e Infraestructura			---	---	---	---	---					
Instalación Celdas							---	---	---			
Pruebas de operación									---	---		
Acta de Puesta en Marcha.										---	---	
Ingreso Abonados												---

**Tabla 5. Cronograma de puesta en marcha.**

El plazo para cumplir el cronograma arriba mostrado cuenta a partir de la fecha de la firma del contrato.

## 2.2.2. Plan mínimo de expansión

Expansión	Número de Líneas telefónicas / Número de Teléfonos Públicos				
	1° Año	2° Año	3° Año	4° Año	5° Año
AZUAY			750	750	1500
BOLIVAR				250	300
CAÑAR			150	250	250
CARCHI			100	250	250
CHIMBORAZO			400	500	500
COTOPAXI		250	250	250	500
IMBABURA			400	400	500
LOJA			500	500	500
PICHINCHA	1500	1650	2500	2500	2500
TUNGURAHUA		250	500	500	550
EL ORO	350	350	500	750	800
ESMERALDAS			250	500	600
GUAYAS	2000	3000	3650	4000	4000
LOS RIOS		400	600	750	750
MANABI		500	1250	1400	1500
MORONA SANTIAGO				150	250
NAPO				150	150
ORELLANA					250
PASTAZA					250
SUCUMBIOS			150	150	150
ZAMORA CHINCHIPE					250
GALAPAGOS					100
<b>Totales</b>	<b>3500</b>	<b>6400</b>	<b>11950</b>	<b>14000</b>	<b>15650</b>
TOTAL Privados					<b>50000</b>
TOTAL Públicos					<b>1500</b>

**Tabla 6. Cronograma de desarrollo del Plan Mínimo de Expansión**

La tabla 6 muestra la cantidad de líneas telefónicas a ser instaladas cada año en la red de TV Cable. Obsérvese que el 3% de líneas serán destinadas a telefonía pública, cumpliendo con el 1% mínimo del contrato de concesión, y que un 42.62% de las líneas están ubicadas fuera de las ciudades de Guayaquil, Quito y Cuenca.

### **2.3. Interconexión**

El Reglamento vigente de interconexión, en su artículo 14, indica ciertas condiciones técnicas mínimas que deben establecerse en el contrato de interconexión, entre ellas:

- Especificación de los puntos de interconexión y su ubicación geográfica.
- Características técnicas y operativas de los puntos de interconexión.
- Diagrama de enlace entre las redes.
- Características técnicas de las señales transmitidas.

- Requisitos de capacidad.
- Índices de calidad del servicio.
- Responsabilidad con respecto a instalación, prueba y mantenimiento del enlace y de todo el equipo a conectar con la red que pueda afectar la interconexión.
- Condiciones y características de instalación, prueba, operación y mantenimiento de equipos a ser usados para la interconexión.
- Formatos y procedimientos para la provisión de otros servicios que las partes acuerden prestarse, tales como: operación, administración, mantenimiento, servicios de emergencia, asistencia de operadora, información automatizada para el usuario, información de guías, tarjetas de llamadas y servicios de red inteligente.
- Mecanismos de medición, verificación, control y tasación del tiempo de tráfico nacional e internacional.

- Procedimientos para detectar, reportar y reparar averías que afecten a ambas redes interconectadas.
- Forma en la que se garantizará que al efectuarse la interconexión, se cumplirá los planes técnicos fundamentales aprobados por el CONATEL.
- Procedimientos para la prevención de fraude en las telecomunicaciones.
- Medidas previstas para evitar interferencias o daños en las redes de las partes involucradas o de terceros.
- Forma de aceptación de pruebas y recepción de obras.
- Programa de ampliaciones necesarias en el sistema de interconexión.
- Métodos que serán empleados para medir parámetros e índices de calidad, operación y gestión.

Actualmente el grupo TV Cable se encuentra en reuniones con cada una de las operadoras actuales para negociar los convenios de interconexión. En estas reuniones se definen tanto los detalles técnicos anteriormente descritos, así como los costos de interconexión.

**Los POI con las operadoras actuales son los siguientes:**

Operador	Punto de Interconexión	Tipo	Ubicacion
Andinatel	QTS2	Quito tránsito 2	Quito
Pacifictel	TDG	Tránsito nacional e internacional	Guayaquil
Otecel	MTX Quito	Central de telefonía móvil celular	Quito
(Bellsouth)	MTX Guayaquil	Central de telefonía móvil celular	Guayaquil
Conecel	MTX-Uio	Central de telefonía móvil celular	Quito
(Porta)	MTX-Gye	Central de telefonía móvil celular	Guayaquil

**Tabla 7. POI de las operadoras actuales**

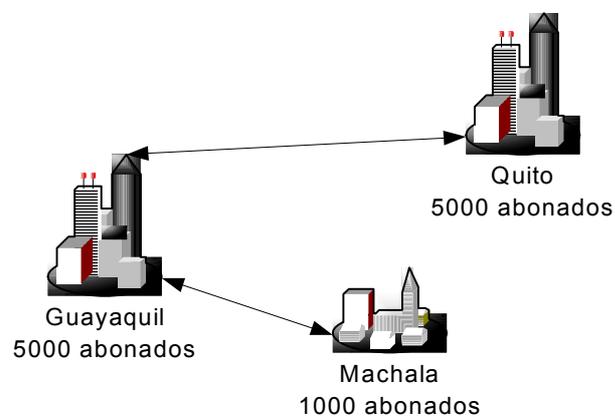
## CAPÍTULO 3

### **3. DISEÑO DE LA RED DE TELEFONÍA FIJA**

#### **3.1. Datos del diseño**

##### **3.1.1. Red inicial de TV Cable**

De acuerdo al plan de expansión presentado a SENATEL, se va a iniciar con la prestación de servicios en las ciudades de Guayaquil, Quito y Machala. La figura 3.1 muestra los enlaces entre cada central y el número de abonados esperados en la red telefónica inicial de TV Cable. Se dimensionan sólo las centrales y redes para el primer año de prestación del servicio.

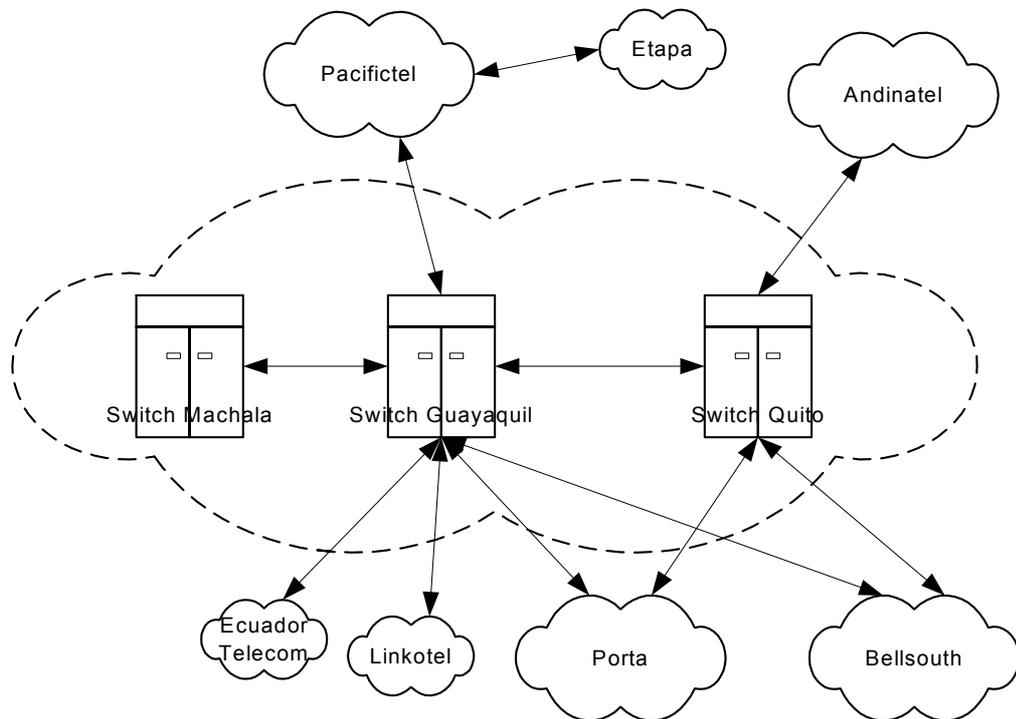


**Figura 3.1. Red inicial TV Cable**

No se enlazarán directamente la ciudad de Machala y Quito en el inicio de operaciones. La central en Guayaquil actuará como tándem para el tráfico entre Quito y Machala.

### **3.1.2. Interconexión**

La interconexión con las operadoras de telefonía actuales se las dará de la siguiente manera:

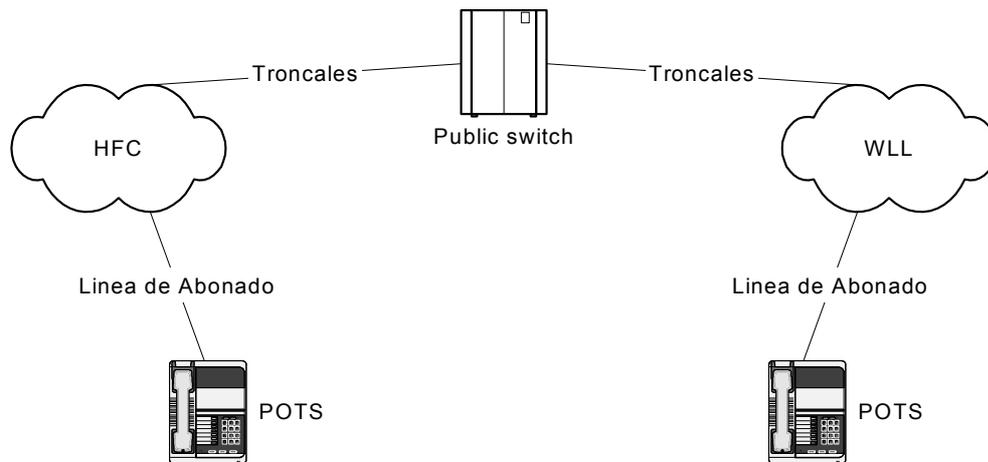


**Figura 3.2. Interconexión**

La señalización para el tráfico de interconexión de la red de TV Cable con las demás operadoras será SS7.

### 3.1.3. Redes de acceso iniciales.

Se utilizará la red HFC de TV Cable y se instalará una nueva red WLL para el acceso al usuario. En la primera etapa se prestará el servicio a través de la nueva red WLL, con lo cual se espera captar el mercado no servido. En la segunda etapa se prestará el servicio mediante VoIP sobre la red HFC existente.



**Figura 3.3. Redes de Acceso a implementar**

La cantidad de E1s necesarios para los enlaces troncales hacia las redes de acceso es:

<b>Quito</b>		
<b>Usuarios:</b> 5000	<b>Tráfico por línea:</b> 0.1 Erlang	<b>Ocupación Troncal:</b> 70%
Circuitos necesarios: $5000 \cdot 0.1 / 0.7 = 714.28 \rightarrow 715$		
E1s: $715 / 30 = 23.83 \rightarrow 24 \text{ E1s}$		
<b>Guayaquil</b>		
<b>Usuarios:</b> 5000	<b>Tráfico por línea:</b> 0.1 Erlang	<b>Ocupación Troncal:</b> 70%
Circuitos necesarios: $5000 \cdot 0.1 / 0.7 = 714.28 \rightarrow 715$		
E1s: $715 / 30 = 23.83 \rightarrow 24 \text{ E1s}$		
<b>Machala</b>		
<b>Usuarios:</b> 1000	<b>Tráfico por línea:</b> 0.1 Erlang	<b>Ocupación Troncal:</b> 70%
Circuitos necesarios: $1000 \cdot 0.1 / 0.7 = 142.85 \rightarrow 143$		
E1s: $143 / 30 = 4.76 \rightarrow 5 \text{ E1s}$		

**Tabla 8. Calculo de E1s para los enlaces troncales**

Para los enlaces troncales hacia las redes de acceso y concentradores se utilizará señalización V5.2.

### 3.2. Dimensionamiento de las centrales de conmutación

#### 3.2.1. Relaciones de Tráfico

Las centrales de conmutación en las ciudades de Quito, Guayaquil y Machala, realizarán la conmutación del tráfico de voz de la siguiente manera:

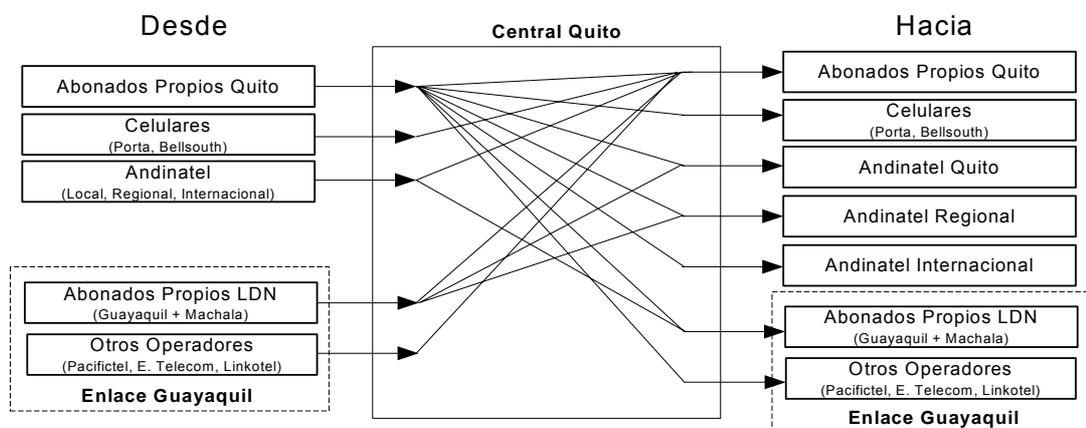
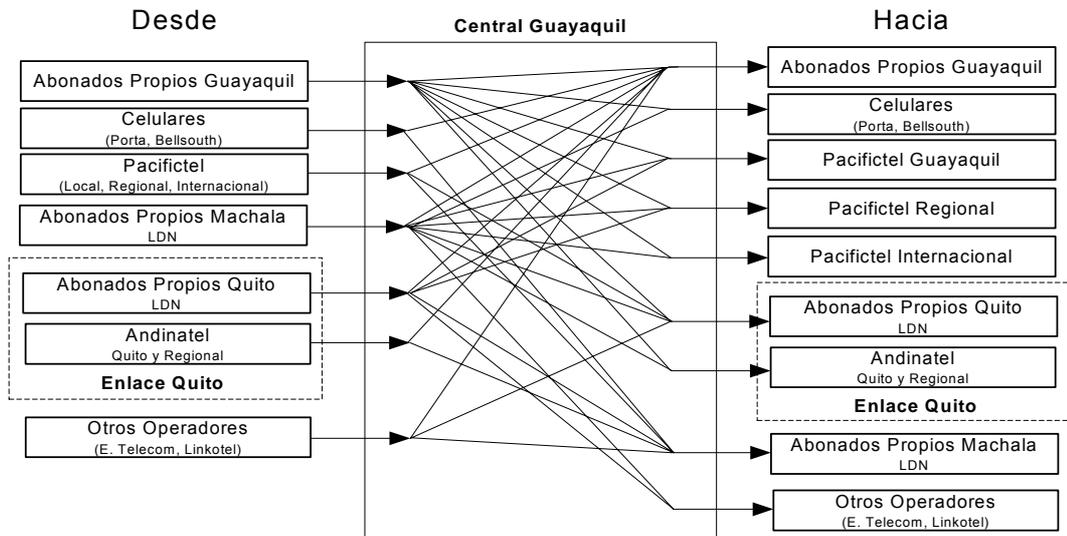
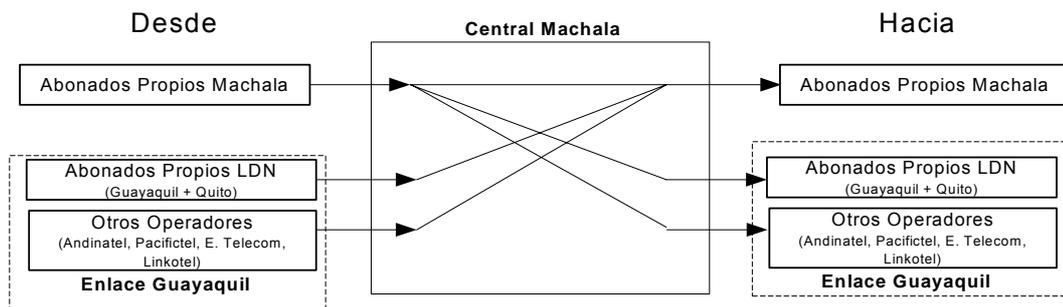


Figura 3.4. Relaciones de tráfico en la central Quito



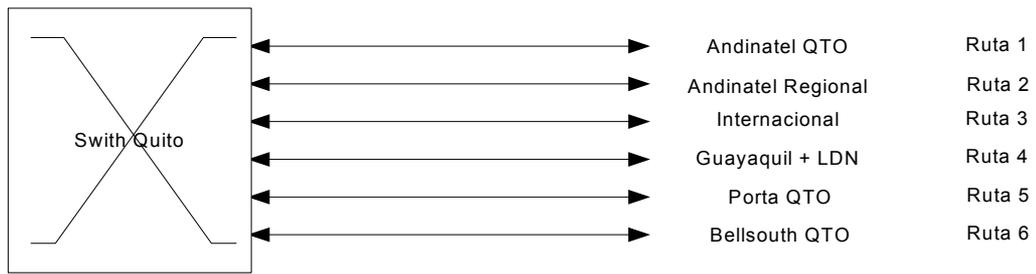
**Figura 3.5. Relaciones de tráfico en la central Guayaquil**



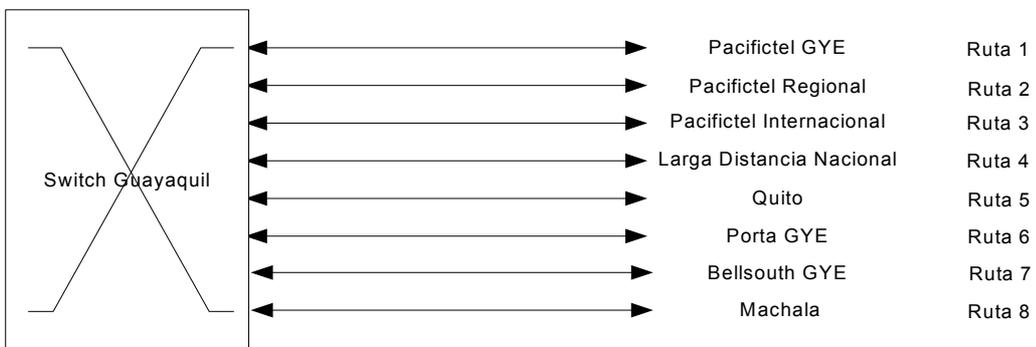
**Figura 3.6. Relaciones de tráfico en la central Machala**

### 3.2.2. Enrutamientos de tráfico

En el lado troncal, se proveerán las siguientes rutas para el tráfico entre las centrales:



**Figura 3.7. Enrutamientos de tráfico Quito**



**Figura 3.8. Enrutamientos de tráfico Guayaquil**



**Figura 3.9. Enrutamientos de tráfico Machala**

**3.2.3. Matrices de tráfico**

El estudio de tráfico se realizó en base al tráfico actual que manejan las centrales de tránsito local, regional e internacional

de Andinatel y Pacifictel, y al número de usuarios esperados para el primer año. El tráfico hacia las nuevas operadoras se lo calculó como un porcentaje mínimo del tráfico total que manejará la red en el primer año, por lo que se lo calculará sólo en Guayaquil, por ser el sitio de interconexión.

El tráfico se muestra en Erlangs.

Quito		Hacia								Total
		Abonados Propios	AT Local	AT Regional	AT Internacional	AP GYE	Pacifictel	Porta	Bellsouth	
De	Abonados Propios	11.75	195.05	11.75	4.7	0.47	6.58	2.35	2.35	<b>235.00</b>
	AT Local	134.55				4.16				<b>138.71</b>
	AT Regional	5.05								<b>5.05</b>
	Internacional	6.06								<b>6.06</b>
	Guayaquil	7.00	6.72							<b>13.72</b>
	Porta	26.16				1.38				<b>27.54</b>
	Bellsouth	17.44				0.92				<b>18.36</b>
	<b>Total</b>	<b>208.01</b>	<b>201.77</b>	<b>11.75</b>	<b>4.70</b>	<b>6.93</b>	<b>6.58</b>	<b>2.35</b>	<b>2.35</b>	

**Tabla 9. Matriz de tráfico Quito**

Guayaquil		Hacia											Total
		Abonados Propios	Pacifictel Local	Pacifictel Regional	Pacifictel Internacional	Abonados Quito	Andinatel	Abonados Machala	Linkotel	E. Telecom	Porta	Bellsouth	
De	Abonados Propios	11.75	195.05	11.75	4.7	0.46	6.35	0.24	1.25	1.25	2.35	2.35	<b>237.50</b>
	PT Local	125.48				3.62		0.26					<b>132.37</b>
	PT Regional	6.24						0.01					<b>37.01</b>
	PT Internacional	6.05						0.01					<b>7.27</b>
	Quito	10.40	6.58					0.11					<b>17.29</b>
	Machala	0.66	10.62	1.06	0.27	0.03	0.37				0.13	0.13	<b>13.27</b>
	Linkotel	1.25											<b>1.25</b>
	E. Telecom	1.25											<b>1.25</b>
	Porta	25.89				1.51		0.14					<b>27.54</b>
	Bellsouth	17.26				1		0.1					<b>18.36</b>
<b>Total</b>		<b>206.23</b>	<b>212.25</b>	<b>12.81</b>	<b>4.97</b>	<b>6.62</b>	<b>6.72</b>	<b>36.05</b>	<b>1.25</b>	<b>1.25</b>	<b>2.48</b>	<b>2.48</b>	

**Tabla 10. Matriz de tráfico Guayaquil**

Machala		Hacia									Total
		Abonados Propios	Pacifictel MCH Local	Pacifictel Regional	Pacifictel Internacional	Andinatel	Abonados LDN	Porta	Bellsouth		
De	Abonados Propios	3.78	27.22	4.91	0.76	0.19	0.19	0.38	0.38	<b>37.81</b>	
	PT Local	30.76								<b>30.76</b>	
	PT Regional	3.01								<b>3.01</b>	
	Internacional	1.21								<b>1.21</b>	
	Guayaquil	0.20								<b>0.20</b>	
	Porta	5.43								<b>5.43</b>	
	Bellsouth	3.62								<b>3.62</b>	
	<b>Total</b>		<b>48.01</b>	<b>27.22</b>	<b>4.91</b>	<b>0.76</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	

**Tabla 11. Matriz de tráfico Machala**

### 3.2.4. Cálculo de circuitos

Para realizar el cálculo de los circuitos necesarios para los enlaces troncales, tomamos en cuenta las siguientes probabilidades de pérdida:

<b>Tráfico Internacional</b>	0.1%
<b>Tráfico Nacional</b>	0.5%
<b>Tráfico Regional</b>	1%
<b>Tráfico Local</b>	5%
<b>Tráfico Propio</b>	0.5%

**Tabla 12. Grado de Servicio**

Utilizamos la tabla de Erlang B (Apéndice B) que no ubica a las llamadas en una cola de espera. Ubicamos el tráfico en Erlangs a transportar debajo de la columna encabezada por la probabilidad de pérdida (B). El número entero a la derecha (N/B) es el número de circuitos necesarios.

Una vez realizado este procedimiento en cada valor especificado en la matriz de tráfico, obtenemos la matriz de circuitos:

Quito		Hacia							
		Abonados Propios	AT Local	AT Regional	AT Internacional	AP GYE	Pacifictel	Porta	Bellsouth
De	Abonados Propios		197	20	13	4	14	8	8
	AT Local	139				11			
	AT Regional	11							
	Internacional	15							
	Guayaquil	15	14						
	Porta	39				6			
	Bellsouth	29				5			

**Tabla 13. Matriz de circuitos Quito**

Guayaquil		Hacia										
		Abonados Propios	Pacifictel Local	Pacifictel Regional	Pacifictel Internacional	Abonados Quito	Andinatel	Abonados Machala	Linkotel	E. Telecom	Porta	Bellsouth
De	Abonados Propios		197	20	13	4	14	3	4	4	8	8
	PT Local	130				10		3				
	PT Regional	13						2				
	PT Internacional	15						2				
	Quito	20	14					3				
	Machala	4	20	6	2	2	4				3	3
	Linkotel	4										
	E. Telecom	4										
	Porta	39				8		3				
	Bellsouth	28				5		2				

**Tabla 14. Matriz de circuitos Guayaquil**

Machala		Hacia							
		Abonados Propios	Pacifictel MCH Local	Pacifictel Regional	Pacifictel Internacional	Andinatel	Abonados LDN	Porta	Bellsouth
De	Abonados Propios		33	11	5	3	3	4	4
	PT Local	37							
	PT Regional	8							
	Internacional	7							
	Guayaquil	3							
	Porta	13							
	Bellsouth	10							

**Tabla 15. Matriz de circuitos Machala**

#### 3.2.4.1. Capacidad de los enlaces troncales.

Con el número de circuitos necesarios para cada tipo de tráfico en la red telefónica, comenzamos a sumar el número de circuitos en una misma ruta para encontrar el número de E1s necesarios en cada enlace.

Recordando que  $1 \text{ E1} = 30 \text{ circuitos de voz} + 2 \text{ canales de control}$ .

**Quito:****Ruta 1 - Andinatel QTO:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía fija local de Andinatel en la ciudad de Quito y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$$197+14+139+11 = 361 \text{ (Tráfico de Quito)}$$

$$14+4+3 = 21 \text{ (Tráfico Guayaquil + Machala)}$$

$$\text{E1s: } 382/30 = 12.73 \rightarrow 13 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 12.73/13 = 97.94\%$$

**Ruta 2 – Andinatel Regional:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía fija de la red de Andinatel fuera de la ciudad de Quito y viceversa

$$\text{Circuitos necesarios: } 11+20 = 31$$

$$\text{E1s: } 31/30 = 1.033 \rightarrow 2 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 1.033/2 = 51.66\%$$

**Ruta 3 – Internacional:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable cuyo destino sea un abonado fuera del país y viceversa, a través de la central de tránsito internacional de Andinatel.

**Circuitos necesarios:**  $13+15 = 28$

**E1s:**  $28/30 = 0.93 \rightarrow 1 \text{ E1}$

**Capacidad utilizada:**  $0.93/1 = 93.33\%$

**Ruta 4 – Guayaquil + LDN:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la ciudad de Quito, ya sea de la red de TV Cable, Andinatel, o celulares, cuyo destino sea un abonado de la red de TV Cable fuera de la ciudad de Quito; y, las llamadas originadas por la red de TV Cable en Quito, cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía fija local de Pacifictel en Guayaquil o el resto de regiones, o a alguna otra operadora cuyo POI este ubicado en Guayaquil.

**Circuitos necesarios:**  $15+14+4+6+5 = 44$

**Ruta 5 – Porta QTO:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable de Quito cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía móvil celular de Conecel.

**Circuitos necesarios:**  $39+6+8 = 53$

**E1s:**  $53/30 = 1.76 \rightarrow 2 \text{ E1s}$

**Capacidad utilizada:**  $1.76/2 = 88.33\%$

**Ruta 6 – Bellsouth QTO:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable de Quito cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía móvil celular de Otecel.

**Circuitos necesarios:**  $29+5+8 = 42$

**E1s:**  $42/30 = 1.40 \rightarrow 2 \text{ E1s}$

**Capacidad utilizada:**  $1.4/2 = 70.00\%$

**Guayaquil****Ruta 1 –Pacifictel GYE:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable Nacional cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía fija local de Pacifictel en la ciudad de Guayaquil y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$130+197+14+20+3 = 364$  (Tráfico Guayaquil)

$11+8+14 = 33$  (Tráfico Machala + Quito)

**E1s:**  $397/30 = 13.23 \rightarrow 14 \text{ E1s} + 16 \text{ E1s} = 30 \text{ E1s}$

**Capacidad utilizada:**  $13.23/14 = 94.52\%$

\*\* A esta ruta le añadimos 16 E1s que son un enlace que Satnet mantiene con Pacifictel para el acceso a Internet vía Dial-up. (Ver capítulo 6).

**Ruta 2 – Pacifictel Regional:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable nacional cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía fija de Pacifictel fuera de la ciudad de Guayaquil y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$13+2+6+20 = 51$  (Tráfico Guayaquil)

$33+37 = 70$  (Tráfico Machala Local)

**E1s:**  $121/30 = 4.03 \rightarrow 5 \text{ E1s}$

**Capacidad utilizada:**  $4.03/5 = 80.66\%$

**Ruta 3 – Pacifictel Internacional:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable cuyo destino sea un abonado fuera del país y viceversa, a través de la central de tránsito internacional de Pacifictel.

**Circuitos necesarios:**

$$13+15+2+2 = 32 \text{ (Tráfico Guayaquil)}$$

$$7+5 = 12 \text{ (Tráfico Machala)}$$

$$\text{E1s: } 44/30 = 1.46 \rightarrow 2 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 1.46/2 = 73.33\%$$

**Ruta 4 – Larga distancia nacional:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable cuyo destino un abonado de otra operadora cuyo POI este ubicado en una ciudad diferente a la de origen y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$$10+3+2+2+14+20+6+2+4+14 = 77 \text{ (Tráfico Guayaquil)}$$

$$3+3 = 6 \text{ (Tráfico Machala)}$$

**Ruta 5 – Quito:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la red de TV Cable fuera de la ciudad de Quito cuyo destino sea un abonado de TV Cable domiciliado en la ciudad de Quito y viceversa.

**Circuitos necesarios:**  $4+2+20+3 = 29$

**Ruta 6 – Porta GYE:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la Red de TV Cable (Guayaquil y Machala) cuyo destino sea un abonado de la red de telefonía móvil celular de Conecel y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$8+3+39+8+3 = 61$  (Tráfico Guayaquil)

$13+4 = 17$  (Tráfico Machala)

**E1s:**  $77/30 = 2.53 \rightarrow 3$  E1s

**Capacidad utilizada:**  $2.56/3 = 67.77\%$

**Ruta 7 –Bellsouth GYE:**

Todo circuito que contenga llamadas originadas en la Red de TV Cable (Guayaquil y Machala) cuyo destino

sea un abonado de la red de telefonía móvil celular de Otecel y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$$28+5+2+8+3 = 46 \text{ (Tráfico Guayaquil)}$$

$$10+4 = 14 \text{ (Tráfico Machala)}$$

$$\text{E1s: } 60/30 = 2 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 2/2 = 100\%$$

**Ruta 8 – Machala:**

Todas las llamadas originadas en la red de TV Cable fuera de Machala y demás operadores, cuyo destino sea un abonado de TV Cable residente en Machala, y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$$4+20+6+2+2+4+3+3+3+3+2+2+3+3+2 = 62$$

**Machala**

**Ruta 1 – Guayaquil:**

Todas las llamadas originadas en la red de TV Cable de la ciudad de Machala cuyo destino sea un abonado en otra ciudad o un abonado de otro operador, y viceversa.

**Circuitos necesarios:**

$$33+11+5+3+3+4+4+37+8+7+3+13+10 = 141$$

La capacidad para las rutas interurbanas (GYE – UIO y GYE – MCH) se obtiene sumando el número total de circuitos necesarios a cada extremo del enlace:

**Guayaquil – Quito:**

$$44+83+29 = 156$$

$$\text{E1s: } 156/30 = 5.20 \rightarrow 6 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 5.20/6 = 86.66\%$$

**Guayaquil – Machala:**

$$62+141 = 203$$

$$\text{E1s: } 203/30 = 6.76 \rightarrow 7 \text{ E1s}$$

$$\text{Capacidad utilizada: } 96.66\%$$

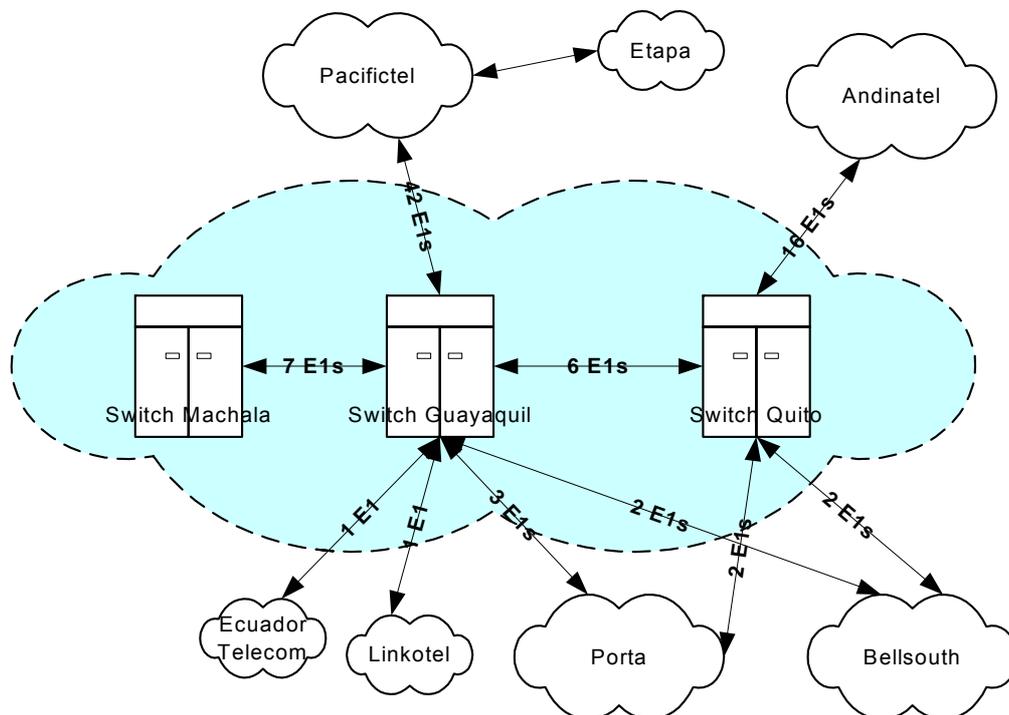
**3.2.4.2. Capacidad requerida para la central de conmutación**

Una vez realizado el cálculo de los E1s necesarios para cada enlace, podemos obtener el total de E1s necesarios para cada central de conmutación:

	Quito	Guayaquil	Machala
<b>E1s con SS7:</b>	26	55	7
<b>E1s con V5.2:</b>	24	24	5
<b>Total:</b>	<b>50 E1s</b>	<b>79 E1s</b>	<b>12 E1s</b>

**Tabla 16. Capacidad requerida para la central de conmutación**

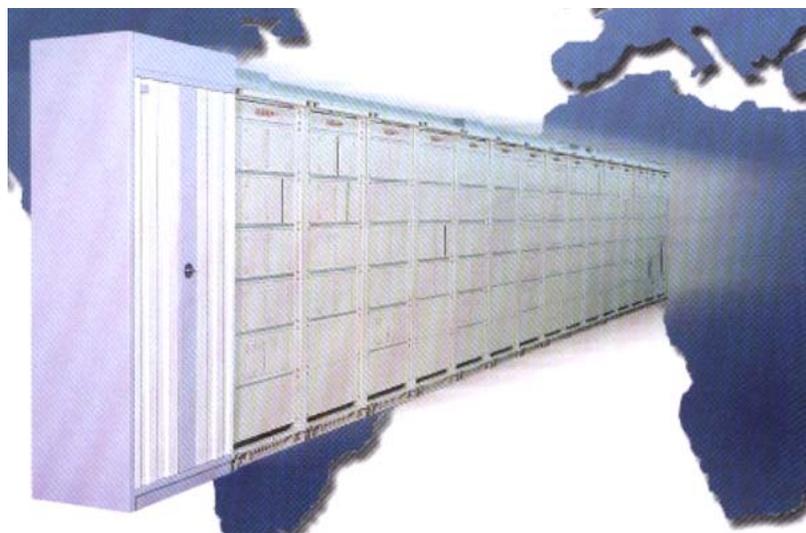
Con estos datos también actualizamos la figura 3.2 con la capacidad calculada para los enlaces de interconexión.



**Figura 3.10. Enlaces de Interconexión**

### 3.3. Propuesta de Huawei Technologies

Esta empresa propone el sistema de conmutación SPC C&C08, que ha sido implementado con éxito en más de 30 países y regiones, incluyendo China, Hong Kong, Singapur, Rusia, España, Chile y Brasil.



**Figura 3.11. Central de conmutación Huawei C&C08**

#### 3.3.1. Especificaciones técnicas

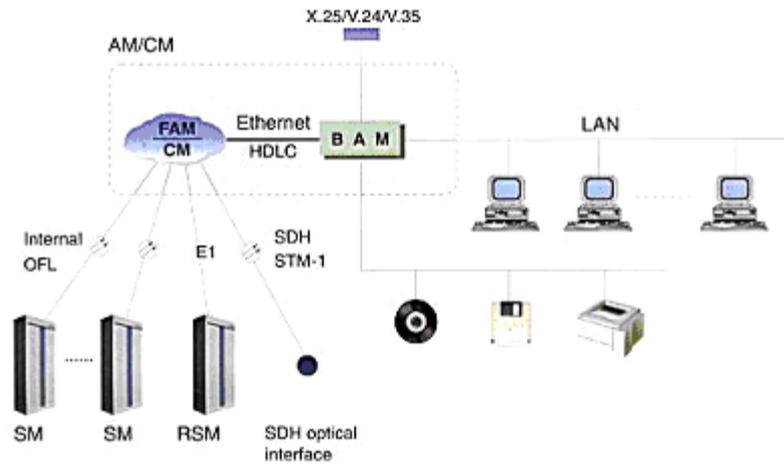
El sistema de conmutación digital SPC C&C08 adopta una estructura de sistema modular, lo que lo hace robusto y flexible para las operaciones en red, satisfaciendo por lo tanto todos los tipos de demanda de operaciones. Esta estructura le permite

brindar alta confiabilidad, dando los siguientes factores de calidad:

- Tiempo de interrupción (minutos/año) : 1.34
  
- Disponibilidad: 0.99999745
  
- MTTR: Tiempo promedio para reparaciones (horas): 0.5
  
- MTBF: Tiempo promedio entre fallas (horas):196,118.90
  
- Procesamiento máximo 6000K BHCA para todo el sistema

#### **3.3.1.1. Arquitectura del sistema.**

Los dos componentes principales son el módulo de administración y comunicación AM/CM y el módulo de conmutación SM.



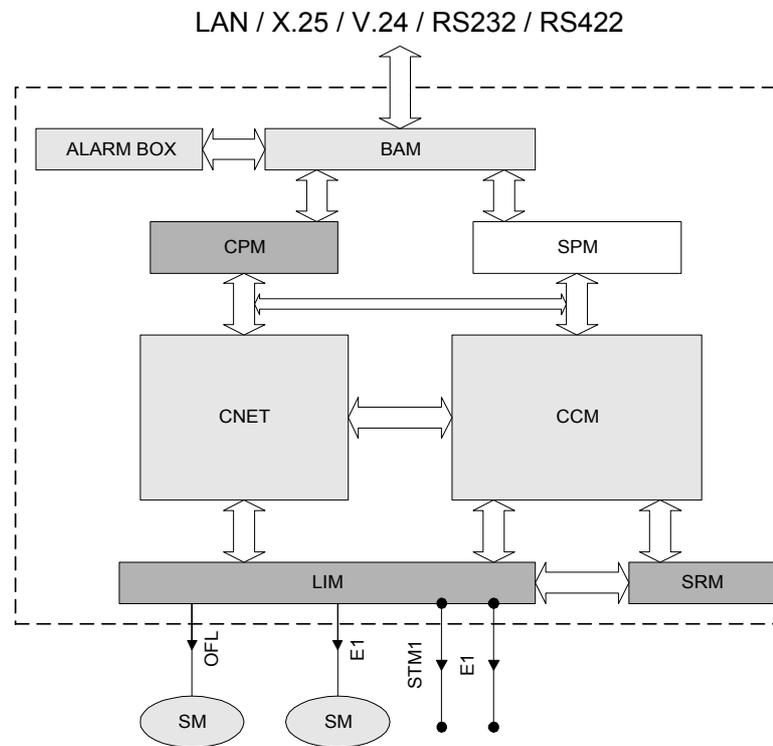
**Figura 3.12. Arquitectura del C&C08**

### 3.3.1.2. AM/CM

Implementa la función de conmutación entre módulos y las funciones de gestión de todo el sistema. El AM/CM es el puente entre los SM's, el cual provee los canales de voz y señalización para la comunicación entre los SM's logrando la estructura distribuida.

La capacidad de la red central de conmutación CNET en el AM/CM puede ser flexiblemente configurada desde ventanas simétricas de 16k hasta un total de 128k, para obtener un switching sin congestión.

El diseño el AM/CM se muestra en la figura 3.13.



**Figura 3.13. AM/CM**

Los componentes principales del AM/CM son:

**CNET:** (Red de conmutación central) Realiza la conmutación del servicio por división en ventanas de tiempo. Su capacidad es configurada según los requerimientos actuales por medio de superposición en unidades de 16k. Su capacidad máxima es de 128k ventanas de tiempo.

**LIM:** (Módulo de interfase de línea) Realiza principalmente la multiplexación / demultiplexación de los datos de servicio los datos de señalización de comunicación. Soporta interfaces troncales SDH estándar y tableros integrados de 16 E1/T1. Ofrece el canal de voz y la interfase de señalización al SPM y al SRM.

**BAM:** (Módulo de administración posterior) Realiza las funciones de administración, mantenimiento y manejo de alarmas para el AM/CM y los usuarios conectados. Provee la interfase de red para conexión de terminales y realiza el mantenimiento remoto/centralizado.

**CCM:** (Módulo de control de comunicación) Realiza la transmisión de los datos de control de comunicación entre los módulos.

**CKM:** (Módulo de Reloj) Sincroniza todos los módulos del sistema a un reloj central.

**ALM:** (Módulo de alarmas) Provee las alarmas centralizadas, visuales y audibles, de deterioro del ambiente externo y fallas del sistema.

**CPM:** (Módulo de Procesamiento Central) Almacena y procesa los datos de todo el sistema y realiza el manejo de las tarjetas en el AM/CM.

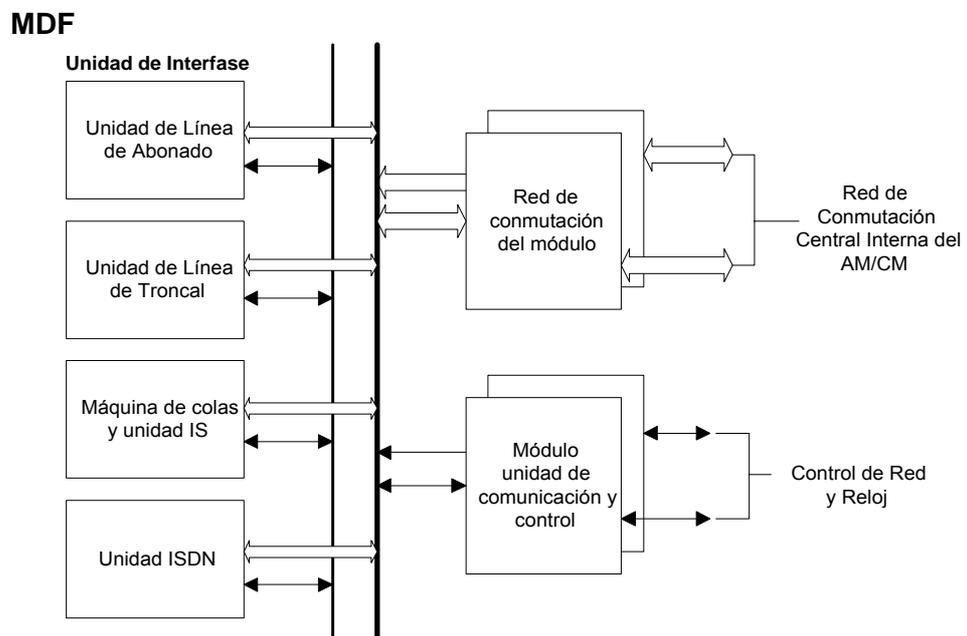
**SPM:** (Módulo de Procesamiento del Servicio) Realiza el proceso de la señalización y los servicios.

**SRM:** (Módulo de Recursos compartidos) Provee todos los recursos requeridos para el procesamiento de los servicios, incluyendo el tono de señal, receptor de número de tono dual, Tx/Rx de MFC, despliegue de identificación de la llamada y conferencia telefónica.

### **3.3.1.3. SM**

El módulo de conmutación es el principal componente del sistema, maneja más del 90% de tareas de manejo de llamadas y mantenimiento de circuitos.. Tiene una

ventana de conmutación en T de 4k x 4k, y trabaja con CNET del AM/CM para la conmutación entre módulos. Cada SM soporta un máximo de 210K BHCA, 995 Erlangs de tráfico, con una capacidad de 1440 DT's (48 E1s).



**Figura 3.14. Arquitectura del SM**

**Unidad de Comunicación y Control:** Controla la operación del SM, También posee funciones de generación y detección de varios tonos de señal, medición y pruebas, y servicios especiales de manejo

de llamadas. El SM se conecta al AM/CM mediante dos pares de enlaces de fibra óptica para establecer la comunicación entre ellos, así como las comunicaciones entre módulos, y al mismo tiempo, proporcionar canales para la transmisión de las señales de operación y mantenimiento desde el BAM hacia el SM y viceversa.

**Red de conmutación del módulo:** Implementa la conmutación por división de tiempo (TDM) entre los abonados de dicho módulo, y también con el canal de voz al AM/CM.

**Unidad de Interfase:** Se utilizan varias unidades de interfase para transformar las señales digitales adoptadas por el sistema C&C08 en señales digitales aplicables a los varios terminales de comunicación. Se aplica a todo tipo de líneas de abonado analógicas y digitales, troncales, sistemas de transmisión entre centrales y entre redes.

### **3.3.2. Configuración a implementar.**

Se implementará tres sistemas C&C08, uno para cada ciudad en la red inicial. Los SM's estarán configurados en el modo de troncales puro, con lo que tienen una capacidad de 48 E1's cada uno.

La señalización SS7 y V5.2 se la implementa instalando tarjetas LAPN7 y LAPV5 en el magazine de control principal MCB del SM.

Los enlaces troncales se dan por medio de las tarjetas DTF instaladas en el magazine de troncal. Cada DTF soporta 2 E1s o 60DTs, se instalan un máximo de 16 DTF por magazine.

La tabla 16 detalla una lista de piezas necesarias para cada central. Además se detallan los equipos para la operación y mantenimiento, software, y repuestos.

Item	Descripción	Cantidad			
		Quito	Guayaquil	Machala	Repuestos
<b>AMCM32</b>		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	
C8-B3-CKS	SM Assembly Main Control Rack	2	2	1	-
C8-FMCB	Administration Module Control Shelf	1	1	1	-
C8-FFIO	Communication Module Interface Shelf	1	1	1	-
C8-FCKB4	Clock Shelf	1	1	1	-
C8-CKS	Clock Board	2	2	2	3
C8-MCC	Module Communication and Control Board	4	4	4	3
C8-SNT	Module Signaling Switching Network Board	2	2	2	3
CB-ALM	Alarm Collection	1	1	1	3
C8-FBI	Fiber Interface Board	2	2	2	-
CC-PWC	Secondary Power Board	8	8	8	3
C8-CTN	Central Switching Network Board	2	2	2	3
C8-FBC	Optical/Electrical Converting Back Card	2	2	2	3
CB-B-BAMM	32-Module BAM Rack	1	1	1	-
CB-T-SER	SM BAM Server of English OS	1	1	1	-
<b>SM</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
CB-B1-1K4	SM Module Assembly 1K4-trunk Rack	2	2	1	-
CB-FMCB2	Main Control Shelf	2	2	1	-
CB-K1TMB	Digital Trunk Plug-in Frame	3	4	1	-
CB-SIG2	Signal Tone Board	4	4	2	3
CB-DTF	Digital Trunk Board	29	40	6	3
CC-NOD	Module Node Processor	8	10	2	3
CB-NET1	Time Division Switching Net Board	4	4	2	3
C8-OPT	Optical Interface Board	4	4	2	3
CB-LAPA0	4-link CCS7 Signalling Board	5	6	2	3
CB-LAP1	V5.2 processing unit	2	2	2	3
C8-MC2	Dual-Link Module comm. Processing Board	4	4	2	1
CB-ALM	Alarm Collection	2	2	1	-
CB-MPU	Universal Main Control Board	4	4	2	3
CC-EMA	Emergency Action Board	2	2	1	3
CC-PWC	Secondary Power Board	12	16	8	-
<b>Operaciones y Mantenimiento</b>					
C8-TOWH	C&C08 Maintenance Terminal	1	1	1	-
C8-T-JF	C&C08 Billing Terminal	1	1	1	-
CB-ALMZ	Alarm Box	1	1	1	-
<b>Software</b>					
SWP-V5.2	V5.2 software package	1	1	1	-
SWP-ISUP	ISUP software package	1	1	1	-
SWP-CC08	C&C08 System Software Package	1	1	1	-

**Tabla 17. Partes cotizadas para la central C&C08 de Huawei**

Entre los servicios soportados por esta configuración podemos listar:

- Servicios de telefonía básica

- Servicios de telefonía suplementarios, como:
  - CLIP (Presentación del número que llama)
  - CLIR (Restricción del número que llama)
  - Llamada en espera
  - CLIP-II (CLIP + llamada en espera)
  - Marcación Abreviada
  - Hotline (Línea caliente)
  - Llamada maliciosa
  - Conferencia telefónica
  - Llamada tripartita
  - Multicarrier internacional.

Agregando tableros a los armarios instalados, puede darse servicios de CENTREX y de ISDN, así como la red inteligente.

Al inicio se configurará la central para poder dar el servicio de tarjeta de llamada. Por medio de una configuración de software, se puede proveer este servicio sin la necesidad de configurar toda la red inteligente.

### **3.3.3. Operación y mantenimiento.**

La operación y mantenimiento de la central C&C08 se la puede realizar de manera centralizada y/o remota gracias a las distintas interfaces en el BAM como V.35, V.24, RS-232, RS-422, RS-449, X25, LAPD, TCP/IP, etc.. Las operaciones de mantenimiento se ejecutan en el modo cliente/servidor y soporta MML, con una interfaz de monitoreo de ventanas múltiples en idioma inglés para proveer a los usuarios con más opciones de métodos de mantenimiento.

Entre los procesos que se deben realizar en las operaciones y mantenimiento están:

- Servicios Generales: Incluyen inserción o extracción de los registros de usuario, coordinación de la estación de pruebas y de medición, análisis periódico de estadísticas de tráfico, salidas periódicas de tableros de carga, ticket de llamada, etc.
- Rutina y mantenimiento del sistema: Incluye la limpieza del sistema, pruebas periódicas y pruebas rutinarias.

- Análisis, diagnóstico y eliminación de fallas y alarmas, reemplazo de tableros, etc.
  
- Mantenimiento de datos: Incluye backup, manejo de funcionamiento defectuoso y arreglo de los datos de usuario, de administración, cargos y facturación, datos intermedios y programas.
  
- Expansión de la capacidad, apertura de rutas nuevas e incremento de dígitos para numeración telefónica.
  
- Desarrollo de las funciones potenciales del equipo y software de alto nivel.

# CAPÍTULO 4

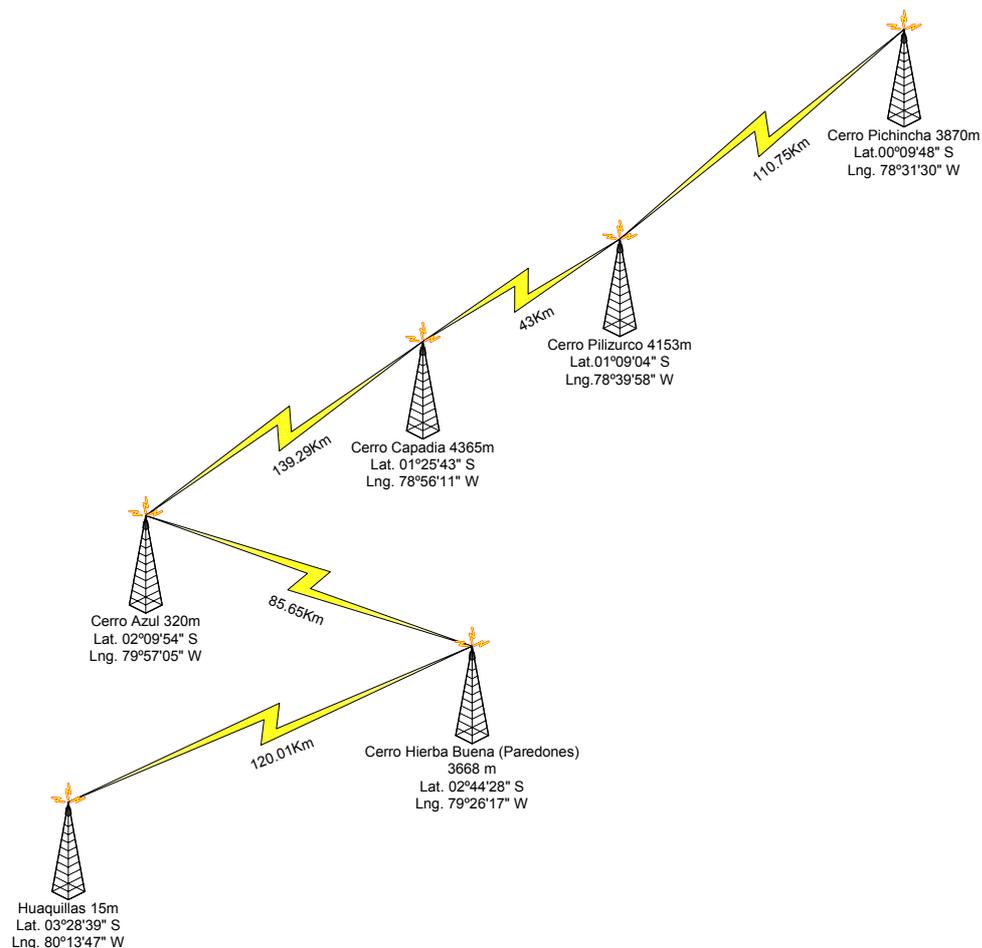
## 4. RED DE TRANSPORTE

### 4.1. Enlace con las redes de acceso

Se utilizará señalización V5.2 para el enlace a las redes de acceso. Como se podrá revisar en el capítulo siguiente, los concentradores de la red HFC estarán colocados con la central de conmutación, por lo que se utilizará un par coaxial para cada E1 conectado. Para la red de acceso WLL se enlazarán cada estación base por medio de un par de fibra, utilizando el backbone de Suratel descrito en el capítulo 1. La cantidad de E1s hacia los concentradores o radiobases serán los descritos en la tabla 8.

### 4.2. Enlaces interurbanos

Para proveer el servicio de larga distancia nacional, el grupo TV Cable construirá una red de microonda como lo indica la figura 4.1, instalando enlaces ALTIUM SDH 1xSTM-1 (1+1) en configuración redundante, en la banda de los 8GHz. Este enlace permite transmitir información a 155Mbps, es decir hasta 63 E1s o 1890 canales de voz. Se utilizará el sistema de señalización 7 (SS7). Las especificaciones técnicas de estos enlaces y los cálculos de propagación se los puede encontrar en el apéndice C.



**Figura 4.1. Red interurbana**

### **4.3. Enlaces de interconexión**

Se entregarán los E1s necesarios para la interconexión con cada operadora en el lugar especificado en la tabla 7. Las características técnicas de estos enlaces serán especificadas en cada convenio de interconexión. La señalización a utilizarse será SS7, bajo las especificaciones del plan técnico fundamental de señalización.

### **4.4. Especificaciones técnicas**

#### **4.4.1. La interfaz E1**

Provee un acceso de 2048Kbps. Utiliza la tecnología TDM para soportar hasta 32 canales de usuario, cada uno de 64Kbps. En telefonía se utilizan 30 de estos canales como canales dedicados de usuario, que usualmente son usados para transmitir señales de voz en PCM. Los otros 2 canales restantes son usados para señalización y control del enlace. Un E1 conecta 2 puntos en los cuales se multiplexa/demultiplexa la información.

Para proveer un servicio confiable y exacto, la interfaz E1 soporta varios mecanismos de sincronización, detección y corrección de errores, mensajes de operaciones y gestión y señalización.

Existen 3 modos de operación para un E1:

- **Framed:** utiliza TDM para dividir el canal E1 en 32 ranuras de tiempo de 8 bits cada una. La concatenación de 32 ranuras de tiempo consecutivas se denomina frame. Cada frame tiene una frecuencia de 8KHz.

Las ranuras de tiempo se enumeran desde TS0 hasta TS31. TS0 es utilizado para la sincronización, alarmas y otros mensajes. TS16 se lo utiliza para la señalización. Las ranuras TS1-TS15 son los canales 1-15 y TS17-TS31 son los canales 16-30, de 8 bits cada uno, a 64Kbps.

- **Multiframe:** Es la union de 16 frames consecutivos, enumerados del 0 al 15. Generalmente se utiliza esta configuración para transmitir canales de voz con señalización asociada al canal (CAS).

- **Unframed:** Se considera el E1 como un solo canal de 2Mbps.

La tabla 18 muestra las características generales de la interfaz E1:

<b>Pulse shape (nominally rectangular)</b>	<b>All marks of a valid signal must conform with the mask irrespective of the sign. The value V corresponds to the nominal peak value.</b>	
Pair(s) in each direction	One coaxial pair	One symmetrical pair
Test load impedance	75 ohms resistive	120 ohms resistive
Nominal peak voltage of a mark (pulse)	2.37 V	3 V
Peak voltage of a space (no pulse)	$0 \pm 0.237$ V	$0 \pm 0.3$ V
Nominal pulse width	244 ns	
Ratio of the amplitudes of positive and negative pulses at the centre of the pulse interval	0.95 to 1.05	
Ratio of the widths of positive and negative pulses at the nominal half amplitude	0.95 to 1.05	
Maximum peak-to-peak jitter at an output port	Refer to clause 2/G.823	

**Tabla 18. Características de la interfaz E1.**

El código de línea que se utilizará para la interfaz E1 es HDB3.

#### **4.4.2. Señalización telefónica**

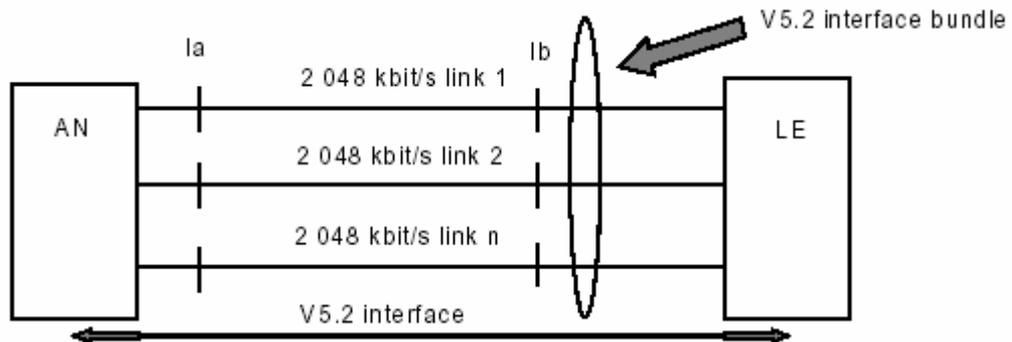
Son los paquetes de datos o señales análogas que indican acciones u órdenes necesarias para iniciar, conectar o terminar llamadas.

Entre éstas señales tenemos:

- Tono de marcado
  
- Dígitos marcados
  
- Tono de llamada en espera
  
- Teléfono colgado/descolgado
  
- Tono ocupado

Los tipos de señalización trabajan con la central de conmutación para procesar los distintos requerimientos de una llamada, como detección de un circuito disponible, conexión y liberación de un circuito para una llamada de voz.

#### 4.4.2.1. V5.2

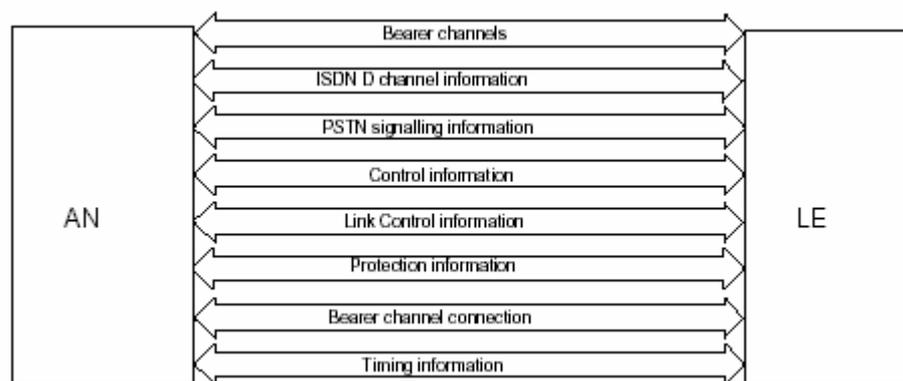


**Figura 4.2. Interfaz V5.2**

Este tipo de señalización es el más utilizado para gateways de acceso en redes convergentes. Es un tipo de señalización asociada al canal (CAS) bajo el estándar ETS 300 347-1 que modifica al estándar original V5.1 de la familia de interfaces V5, con el cual se obtiene las siguientes características:

- V5.2 puede utilizar hasta 16 enlaces de 2048kbps (E1s) en una sola interface.
- Soporta la multiplexación y la concentración de canales utilizando el protocolo dedicado BCC (Bearer channel connection)

- Soporta ISDN PRI.
- Provee protección del canal de comunicaciones utilizando un protocolo de protección.
- Utiliza un protocolo de control de la capa de enlace, ya que utiliza varios enlaces en la interfaz.



**Figura 4.3. Descripción funcional de la interfaz V5.2**

- El protocolo BCC es utilizado para asignar canales portadores bajo el control de la central de conmutación (LE).
- Las conexiones se las proveerán sobre uno o mas enlaces de 2048Kbps (E1)

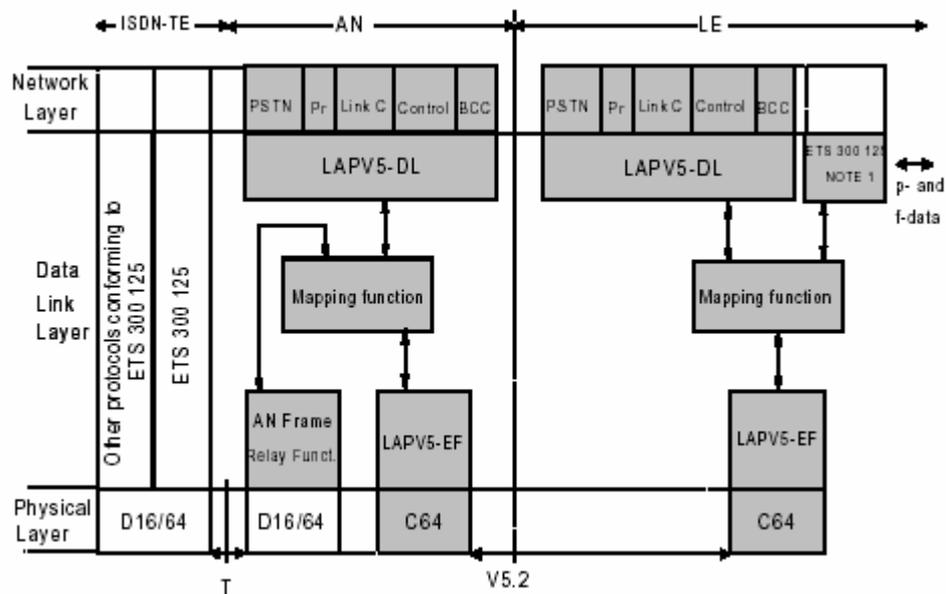
- Se define un protocolo de enlace para el manejo de todos los enlaces de 2048Kbps
- Se define un protocolo de protección para la conmutación de los canales de comunicación lógicos entre canales de comunicación físicos.

Se definen como canales físicos de comunicación las ranuras de tiempo número 16, 15 y 31. En estos canales se ubica los siguientes tipos de datos:

- P-TYPE: Canal ISDN-D con SAPI 16.
- F-TYPE: Canal ISDN-D con SAPI 32 a 62.
- DS-TYPE: Canal ISDN-D con SAPI no mencionado.
- PSTN: Información de la señalización de la red telefónica.
- CONTROL: Información de control

- LINK CONTROL: Datos de control del enlace
- BCC: El protocolo que asigna canales portadores bajo demanda
- PROTECTION: Asigna canales lógicos a canales físicos de comunicación cuando hay fallas de enlace en una interfaz V5.2

La figura 4.4 muestra la arquitectura de protocolos de la interfaz V5.2.



**Figura 4.4. Arquitectura de protocolos de la interfaz V5.2.**

V5.2 soporta todos los servicios de telefonía básicos y suplementarios.

#### 4.4.2.2. Señalización 7

El sistema de señalización 7 (SS7) es el más utilizado en el mundo para la interconexión de redes de telefonía tradicional. Es un sistema de canal común (CCS) en el cual la señalización se la da por un canal digital separado al enlace que transmite la comunicación de voz.



**Figura 4.5. Señalización por canal común**

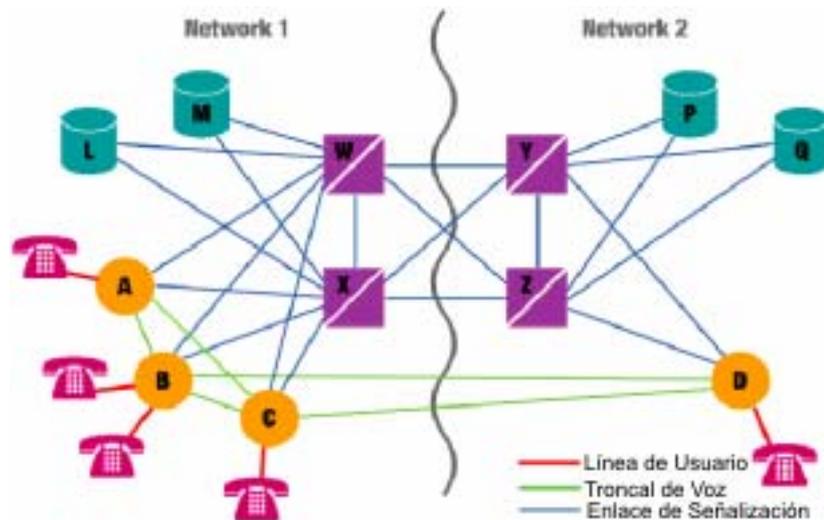
El sistema consiste principalmente en 3 componentes esenciales:



**Figura 4.6. Componentes de SS7**

- **SSP:** Son las centrales telefónicas que operan con el software de SS7. Originan, conmutan o terminan las llamadas.
- **STP:** Son los ruteadores de los paquetes de datos de señalización 7.
- **SCP:** Son las bases de datos que proveen la información necesaria para proveer servicios avanzados, como por ejemplo la red inteligente.

Los STPs y SCPs siempre trabajan en pares para redundancia, aunque no están precisamente cubiertos. Con estos 3 componentes, se forma una estructura de PSTN de la siguiente manera



**Figura 4.7. PSTN con SS7**

Las capas del SS7 son:

- **Capa física:** Los enlaces de señalización utilizan canales de 64Kpbs.
- **MTP:** (Parte de transferencia de mensajes) provee la funcionalidad de la capa de enlace. La capa 2 del MTP asegura que los dos puntos conectados (directamente) puedan intercambiar mensajes de señalización. Incorpora detección de error, control de flujo y chequeo de secuencia. La capa 3 del MTP extiende la funcionalidad de la capa 2 asegurando el enlace entre

los dos puntos conectados a través de la red, sin importar si es una conexión física directa.

- **SCCP:** (Parte de control de la conexión de señalización)  
Direcciona las aplicaciones dentro de un nodo de señalización, como las de red inteligente.
  
- **ISUP:** (Parte ISDN) Maneja el protocolo para establecer y terminar las llamadas en la PSTN, sin importar si proviene de una ISDN o no.
  
- **TCAP:** (Parte de aplicación de las capacidades de transacción) Define los mensajes y el protocolo para la comunicación entre aplicaciones de servicios de la base de datos (IN).
  
- **OMAP:** (Parte de operaciones, mantenimiento y aplicación) Define los mensajes y protocolos para asistir a los administradores de la red.

# CAPÍTULO 5

## 5. DISEÑO DE LAS REDES DE ACCESO

Las redes de acceso en telefonía se lo conoce también como planta externa. Es el segmento de la red que va desde la central de conmutación hasta el usuario. En las redes convergentes, la planta externa forma parte de una red de acceso para varios servicios, en la cual la voz comparte el canal con los datos, video y demás servicios.

La red HFC de TV Cable tiene la capacidad para soportar suficientes canales de voz para proveer el servicio a los usuarios actuales de CATV y cablemódem. El montar telefonía sobre esta red ya existente representa un ahorro muy significativo en costos de instalación. Los lugares donde la demanda sobrepase la capacidad de la red, o donde no exista la infraestructura necesaria, podrá ser cubierta por medio de WLL.

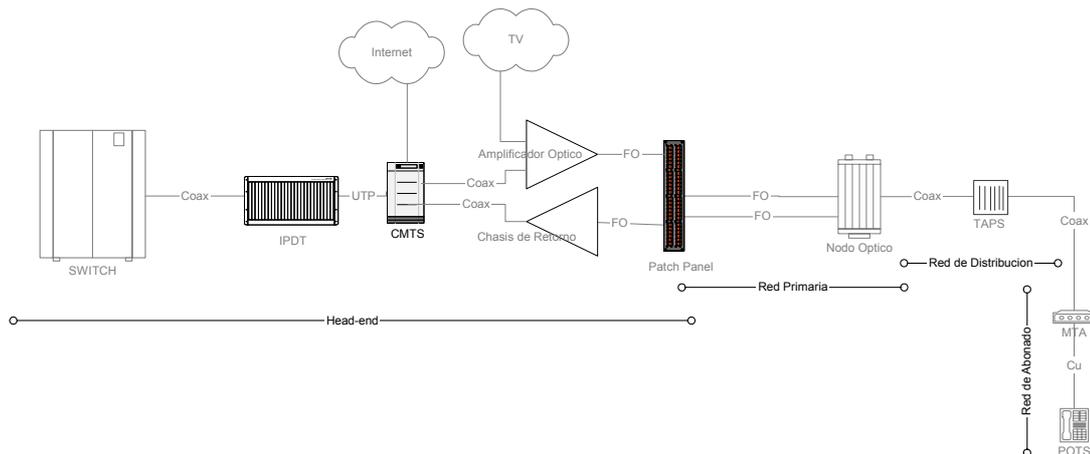
## **5.1. Red de Acceso HFC**

### **5.1.1. Especificaciones técnicas**

Desde el 2001, se ha reemplazado 23 nodos ópticos de la red HFC por nodos *General Instruments* con capacidad bidireccional. Estos equipos permiten montar una red de datos sobre la estructura física de la red de cable. Cabe recalcar que para poder operar bajo el sistema bidireccional, es necesario ajustar los amplificadores de red y realizar una limpieza de ruido en el sector correspondiente al nodo, lo que consiste en chequear conectores, filtros, empalmes y la red misma.

A cada nodo llega un par de fibra que contiene los diferentes servicios multiplexados, de acuerdo a la tabla 1. Para el servicio de cablemódem, se monta una red IP sobre el canal de cable de 6MHz siguiendo los estándares DOCSIS 1.0 y 1.1. Para el servicio de telefonía, se empaqueta la voz en paquetes IP para transmitirlos sobre la red de cablemódem, de acuerdo a la especificación MGCP NCS de PacketCable, para la transmisión de voz sobre redes de datos.

La figura 5.1 muestra un diagrama de los elementos de red necesarios para implementar el servicio de telefonía sobre HFC.



**Figura 5.1. Red de acceso para telefonía sobre HFC.**

La red primaria la constituyen los pares de fibra que enlazan cada nodo óptico con el nodo central. Tiene una topología tipo estrella. Los cables son tipo loose tube monomodo, y transmiten a 1310nm.

La red de distribución corre desde los amplificadores ópticos por medio de cable coaxial a través de distintas derivaciones como los TAPS en topología árbol / rama.

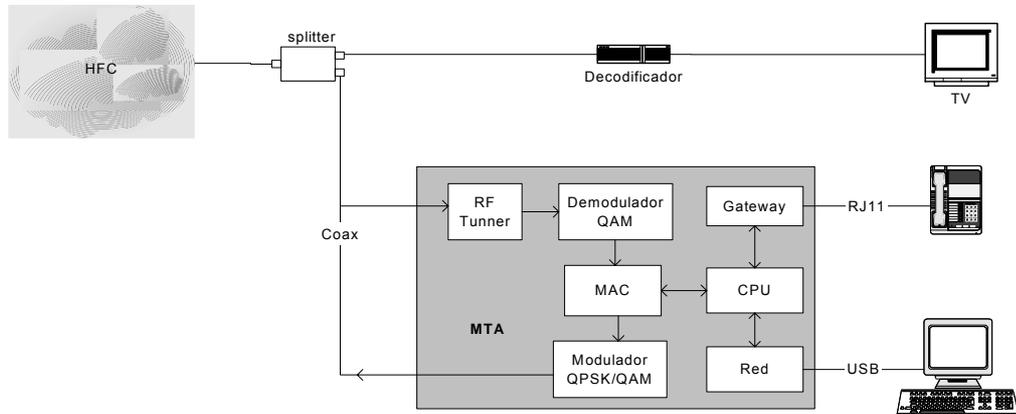
La red de abonado es la última rama de la red de distribución que es la prolongación coaxial hasta el edificio del cliente, a la cual se llega utilizando tecnología cablemódem bajo el estándar DOCSIS 1.0 y 1.1. La red de abonado no debe exceder de 50m de longitud para mantener la calidad del servicio de la red de datos.

#### **5.1.1.1. MTA**

El MTA reemplaza al cablemódem en el lado del usuario, provee un punto de conexión para datos IP y uno o más puntos de conexión para líneas telefónicas con conectores RJ11. Posee los DAC's y ADC's necesarios para interactuar con un aparato telefónico convencional.

Este dispositivo recibirá las señales de control y señalización desde el CMTS de acuerdo al protocolo MGCP, que centraliza la operación y mantenimiento de los MTA desde la central. Se conecta a la red de distribución a través de cable coaxial tipo 6 u 11. Transmitirá la voz y los datos en IP clasificados de

acuerdo al estándar DOCSIS 1.0 y 1.1 para mantener la calidad del servicio en tráfico de voz.



**Figura 5.2. Estructura del MTA**

Este equipo debe ser provisto de un sistema de respaldo de energía (UPS), debido a la importancia vital de tener un servicio telefónico sin cortes. Algunos equipos trabajan con la energía provista por la red, en cuyo caso se debe insertar la energía en el nodo óptico, donde la red se vuelve coaxial.

#### 5.1.1.2. TAPS

Son elementos de línea pasiva, que se caracterizan por mantener la señal íntegra, ya que de ahí parte la

alimentación hacia el usuario. Se conecta con el nodo óptico a través de un coaxial 750.

#### **5.1.1.3. Nodo Óptico**

Consta de un receptor RM-8 y un transmisor óptico RPTV. El receptor RM-8 recibirá la señal desde el headend en forma de luz y la convertirá en una señal eléctrica en RF, la misma que será aplicada al módulo principal para la distribución al resto de amplificadores.

El transmisor óptico RPTV recibirá las señales de datos IP desde el MTA y las señales de retorno del servicio de CATV desde el coaxial de la red de distribución, las convertirá a señales ópticas y las enviará en la fibra de retorno hacia el headend. Los equipos son marca *General Instruments*.

#### **5.1.1.4. Patch Panel Óptico**

Recibe todos los cables de fibra de la red en la calle y provee los conectores para las fibras ópticas hacia los

amplificadores ópticos y el chasis de retorno. Es un elemento pasivo.

#### **5.1.1.5. Amplificadores Ópticos**

Recibirán las señales RF de acuerdo a la tabla 1 (*página 13*) provenientes de los moduladores de TV, del módulo de PPV *Data Commander* y del CMTS y los convertirá a señales ópticas por medio de luz láser a 10dB. Los amplificadores ópticos son marca *General Instruments* modelo AM-750AT. Cada módulo puede manejar hasta 6 nodos ópticos.

#### **5.1.1.6. Chasis de retorno.**

Son los convertidores óptico-electrónicos de la señal de retorno de los nodos. Estarán a cargo de enviar la información correspondiente al servicio de CATV a los módulos *DATA COMMANDER* y los datos IP de retorno al CMTS por medio de cables coaxiales. Son marca OmniStar.

#### 5.1.1.7. CMTS

Es un sistema de conmutación de paquetes específicamente diseñado para rutear datos de muchos usuarios de cablemódem en una red multiplexada de banda ancha. Modula los datos hacia la red a 64/256 QAM y en un canal de 6 MHz (*ver tabla 1*). Envía esta información por medio de canales de Tx hacia los amplificadores ópticos, y recibe la información del upstream por medio de los canales Rx provenientes de cada nodo.

Se cuenta con un CMTS marca Motorola modelo BSR 64000. Entre sus características principales están:

- Soporta velocidades de hasta 10.24Mbps en el upstream y 56Mbps en el downstream desde y hacia la red HFC.
  
- Es compatible con los estándares DOCSIS 1.0 y 1.1, EuroDOCSIS 1.0 y 1.1 y PacketCable 1.0.

- Tiene módulos de 8 puertos 10/100Base-T Ethernet para conectarse a los routers de Internet y al IPDT.
- Incluye convertidores de frecuencia para la salida RF.
- Manejo avanzado del espectro.
- Hasta 26 transmisores y 104 receptores
- Más de 42 millones de paquetes por segundo en ruteo IP.
- Soporta multicasting.

El hardware tiene una configuración flexible y expandible mediante la adición de tarjetas:

- **DOCSIS (1.0 o 1.1):** Son las tarjetas que manejan las interfases RF hacia la red HFC. Cada tarjeta tiene 2 canales para el downstream y 8 canales para el upstream, mediante cables coaxiales. En el CMTS de

la red de TV Cable están instaladas 6 tarjetas DOCSIS 1.1.

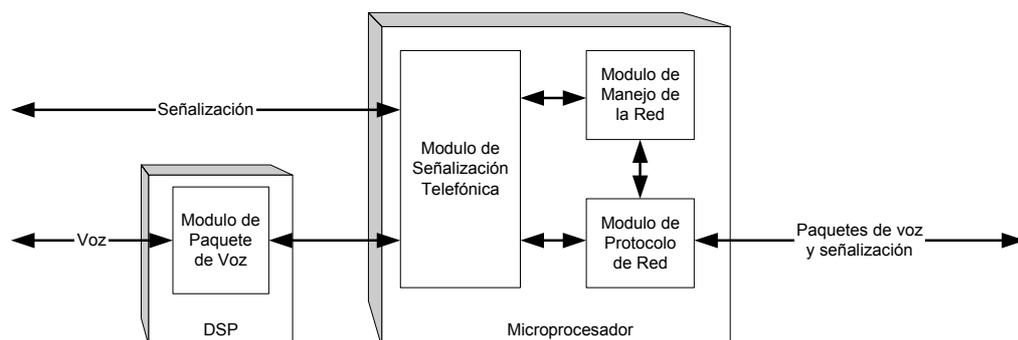
- **NMM:** Son las tarjetas que manejan la interfase con la red de datos. En el CMTS de la red de TV Cable está instalada 1 tarjeta NMM de 8 puertos 10/100 Ethernet.
  
- **CPM:** Son las tarjetas de control y procesamiento central. Hay 2 tarjetas instaladas en configuración activo/respaldo.

Es necesario efectuar un upgrade en el software para que el BSR 64000 soporte MGCP NCS, que es el estándar para redes de datos que permite las funciones y la QoS de VoIP según los requisitos del protocolo MGCP de control del IPDT y el MTA.

#### 5.1.1.8. IPDT<sup>^</sup>

Este equipo es la interfase entre la red de datos y la central telefónica. Convierte canales de voz (circuitos)

a paquetes IP y viceversa. La señalización telefónica la maneja por medio del protocolo MGCP, el cual organiza a los agentes de llamada en los MTA y envía mensajes de control para dar las señales al usuario como llamada entrante, tono de marcado, llamada en espera, etc. El IPDT debe ser transparente en la red y debe soportar todos los servicios que provea la central telefónica. El MTA en el lado del usuario y el IPDT en el NOC trabajan en conjunto utilizando una misma arquitectura de software para la conversión de paquetes de voz y señalización. La figura 5.3 muestra un diagrama de bloques del software que soporta el protocolo MGCP para la comunicación de voz sobre redes de banda ancha full dúplex.



**Figura 5.3. Arquitectura de software para Voz-sobre-Paquetes**

- **DSP** (o módulo de procesamiento de voz) prepara las muestras de la voz para la transmisión en la red de paquetes. Se encarga de la cancelación de eco, compresión, generación de tonos (lado del usuario), detección de actividad de voz, eliminación del retardo entre paquetes, sincronización del reloj y paquetización de voz. También contiene los buffers necesarios para mantener la integridad de la señal de voz durante la conversación.
  
- El **microprocesador** maneja la detección de varios eventos, reporta los eventos a los agentes de llamada, recolección y reporte de los dígitos DTMF, aplicación de las señales, el envío de los paquetes de voz, y el propio manejo del protocolo. Sus principales componentes son:
  - o *DIM*: Es responsable de la interfaces con el módulo DSP. Se comunica con el DSP a través de un arreglo de memoria compartida.

- *XGCM*: Es responsable de proveer la funcionalidad al cliente MGCP. Analiza y procesa cada mensaje recibido de un agente de llamada. Reporta los eventos detectados al agente de llamada, y genera las señales requeridas por éste. Reporta los dígitos DTMF, y realiza las conexiones necesarias por el agente de llamada. Se encarga del intercambio de paquetes entre la red de datos y el DSP.
  
- *DCM*: Es el módulo encargado de la recolección e identificación de los dígitos marcados y los compara con el mapa de dígitos. Trabaja en conjunto con el XGCM.
  
- *Módulo de manejo de la red*: Provee la interfase para la gestión y mantenimiento de los módulos. No existe un estándar definido, por lo que la estructura de este módulo es propietario del fabricante.

## 5.1.2. Funcionamiento de la red

Para telefonía, los dos elementos fundamentales de la red HFC son el IPDT y el MTA, ya que son los encargados de “traducir” la voz análoga en paquetes de datos. Se utiliza la especificación MGCP NCS sobre el estándar DOCSIS para darle el tratamiento preferencial a los paquetes de voz, para de tal manera que no sean afectados por el retardo característico de las redes de datos, como se explicó en el capítulo 1.

Esta red de datos se maneja muy similarmente a una LAN. El CMTS provee una red Ethernet extendida sobre una WAN con un alcance geográfico de hasta 150Km.

### 5.1.2.1. Requerimientos

A continuación se muestran algunos de los requerimientos para la red de cablemódem, de acuerdo al estándar DOCSIS

OSI	DOCSIS	
<b>Niveles Superiores</b>	Aplicación	Mensajes de Control DOCSIS
<b>Nivel de Transporte</b>	TCP / UDP	
<b>Nivel de Red</b>	IP	
<b>Nivel de Enlace</b>	IEEE 802.2	
<b>Nivel Físico</b>	<b>Upstream</b>	<b>Downstream</b>
	TDMA (Mini Slots) 5-42(65) Mhz QPSK/16-QAM	TDM (MPEG) 42(65)-850 Mhz 64/256-QAM ITU-T J.83 Annex B

**Tabla 19. DOCSIS**

### ***Capa física***

Se maneja de acuerdo a las especificaciones de la UIT para video digital (ITU- T Recommendation J.83 Annex B) e incluye las siguientes características:

Para el canal de datos downstream:

- 64 y 256 QAM.
- Canal de 6 MHz que puede coexistir con otras señales.

- Flujo de bits continuo.

Para el canal de datos upstream:

- QPSK y 16 QAM
- Velocidades desde 320Kbps hasta 10Mbps.
- TDMA
- Soporte de tamaño de paquetes fijos y variables.

### ***Capa MAC***

Provee los requerimientos para que muchos usuarios de cablemódem compartan un solo canal de datos del upstream. Estos requerimientos incluyen la detección de colisiones y la retransmisión. Esta capa permite la segmentación del ancho de banda en el CMTS, además de la detección y recuperación de errores, y los procedimientos para registrar nuevos usuarios.

***Capa de enlace***

Esta capa debe estar encriptada para mantener la privacidad de las comunicaciones entre los usuarios. Incluye el estándar de encriptación de datos DES para los datos de usuario. Esto se puede integrar dentro del hardware del MAC y la interfase de software.

***Capa de Red***

Se utiliza IP para la comunicación entre el cablemódem y la red. El DHCP forma la base para la asignación de las dirección IP y la administración de la red de cable.

***Capa de Transporte***

Para el transporte de datos IP se utiliza TCP o UDP. Para el servicio de telefonía se utiliza el protocolo MGCP que se describirá mas adelante.

***Capa de Aplicación***

Se soportan todas las aplicaciones relacionadas con Internet, como http, w-mail, ftp, chat, www, etc. además del servicio de telefonía y fax con sus servicios suplementarios.

### 5.1.2.2. Análisis de fallas

Es fundamental para cualquier sistema de comunicaciones la habilidad para descubrir, aislar y solucionar problemas lo más rápido posible, para minimizar o eliminar el impacto en el usuario. Para el servicio de telefonía sobre HFC, se debe poder realizar los siguientes análisis:

***Lazo cerrado:***

*PCM loop-back:* Diagnóstico de fallas en lado telefónico (switch, enlaces al IPDT)

*Packet-send loop-back:* Diagnóstico de problemas relacionados al DSP (IPDT – MTA)

*Packet-receive loop-back:* Diagnóstico de problemas en la red de datos (HFC)

***Medición de nivel de la señal:***

El equipo debe proveer los datos de nivel de señal en el lado telefónico, como niveles de potencia instantánea y promedio.

***Estadísticas de la red de paquetes:***

Debe generarse un reporte extenso con las estadísticas de cada canal, como número de paquetes Tx/Rx, intervalos mínimos y máximos entre paquetes, cabeceras de paquetes erróneas, y paquetes perdidos.

**5.1.2.3. El protocolo MGCP**

Este es el protocolo utilizado para controlar los IPDT y los MTA, también conocidos como *gateways*. El IPDT es un *gateway troncal* y el MTA es un *gateway residencial*.

El MGCP asume una arquitectura de control de llamada donde la “inteligencia” reside fuera de los gateways y es manejada por elementos de control de llamada o *agentes de llamada*. Estos agentes se sincronizan entre sí para mandar mensajes de

comando coherentes a los gateways bajo su control. MGCP no define un mecanismo para la sincronización de estos agentes de llamada, ya que, en esencia, es un protocolo maestro/esclavo, bajo el cual se espera que los gateways ejecuten las órdenes enviadas por los agentes de llamada.

El MGCP asume un modelo donde las partes básicas son los puntos terminales (endpoints) y las conexiones.

***Puntos terminales:***

Son fuentes o sumideros de información que pueden ser físicos o virtuales, como las interfaces de los gateways que convierten los paquetes en señales análogas o líneas troncales. Cada punto debe tener un identificador, compuesto de 2 partes principales:

- El nombre de gateway que maneja el punto terminal
  
- El nombre local del punto terminal

Cada segmento del nombre debe separarse por medio de un “/”. Los nombres locales pueden tener varios segmentos. Existen símbolos predeterminados llamados *wildcards* que al ubicarlos en el segmento del nombre, actúan de la siguiente forma:

- un (\*) indica todos los puntos del gateway
  
- un (\$) indica cualquier punto disponible en el gateway.

Para el caso del nombre local de los gateways troncales, se especifica la identificación de la interfase troncal con el número de canal utilizado, como por ejemplo:

IPDT1/X35V3+A4/13

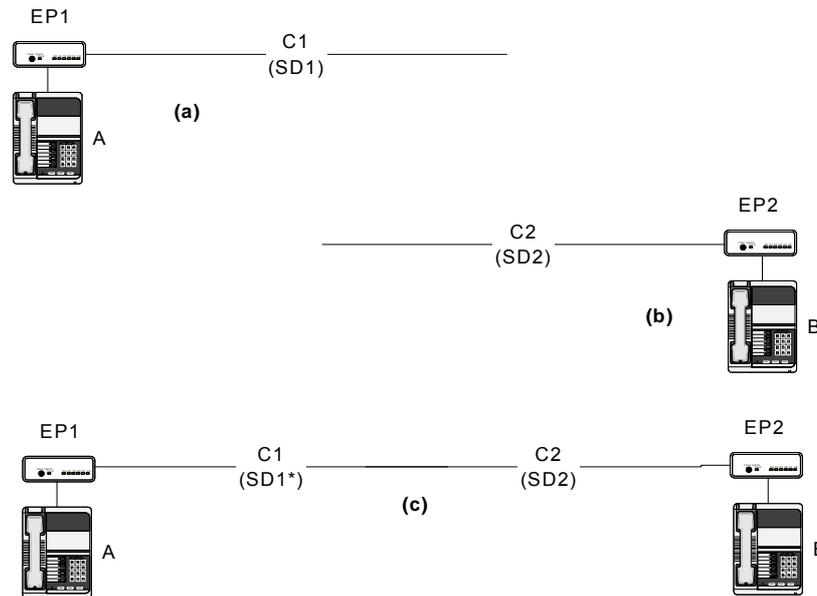
En este ejemplo, se selecciona el gateway IPDT1, la interface E1 llamada X35V3+A4 y el circuito número 13 de ese enlace.

**Conexiones:**

Pueden ser punto-punto o punto-multipunto. Las conexiones son las llamadas, varias conexiones pueden pertenecer a una llamada (conferencia). Las llamadas son creadas por los agentes de llamada en cada punto terminal. A cada conexión se le asigna un identificador.

**5.1.2.3.1. Establecimiento de una llamada.**

En el siguiente ejemplo, se realiza una conexión entre el usuario A en el punto terminal EP1 y el usuario B en el punto terminal EP2, ambos manejados por el mismo agente de llamada:



**Figura 5.4. Conexión de una llamada en MGCP**

**a)** El agente de llamada le pide al primer gateway “crear una conexión” (*create connection*) (C1) en EP1. El gateway le asigna recursos a esa conexión, y responde a la orden proporcionando una “descripción de sesión” (*session description*) (SD1). Esta contiene la información necesaria para que la otra parte envíe paquetes a la a conexión nueva (C1).

**b)** El agente de llamada entonces le pide al segundo gateway crear una conexión (C2) en EP2. Este comando incluye la descripción de sesión (SD1) proporcionada por el primer gateway. El segundo gateway asigna recursos a esta conexión y le responde al agente proporcionando su propia descripción de sesión (SD2).

**c)** El agente de llamada usa el comando de “modificar conexión” (*modify connection*) para proveer la segunda descripción de sesión (SD2) al primer punto terminal (EP1). Con esto modifica SD1 (SD1\*) y la comunicación puede proceder en ambas direcciones.

En el caso de que la comunicación sea manejada por diferentes agentes de llamada, se utiliza un protocolo de señalización entre agentes de llamada.

Una vez realizada la conexión, el agente de llamada puede modificar los parámetros de la conexión utilizando la orden *modify connection*, como la dirección de destino en caso de un redireccionamiento de la llamada, así como los algoritmos de compresión.

Para terminar la llamada, el agente envía la orden de *delete connection*.

Los identificadores de conexión son únicos dentro del grupo controlado por un agente de llamada.

#### **5.1.2.3.2. Eventos y señales.**

El concepto de eventos y señales es primordial para el MGCP. Un agente de llamada puede requerir ser notificado de ciertos eventos que ocurren en un punto terminal, por ejemplo teléfono descolgado; y puede requerir la emisión de ciertas señales, como por ejemplo tono de marcado.

Los eventos y las señales son agrupados en paquetes que comparten un mismo nombre, a lo que llamamos “nombre de evento” (*event name*). Los *event name* están compuestos por dos partes lógicas: un nombre del paquete y un nombre del evento. Ambos son cadenas de caracteres. Estas dos partes están divididas por una barra “/”. El nombre de paquete es opcional.

Ejemplo:

-1/d1 – tono de llamada en el paquete de línea para una línea de acceso análogo.

MGCP contiene algunos nombres genéricos de paquetes y eventos, de acuerdo a los requeridos por el servicio de telefonía básico y sus servicios suplementarios. Se pueden registrar más nombres de paquetes y eventos a conveniencia del proveedor de servicio.

## **5.2. Red de Acceso WLL**

Se trata de un medio que provee enlaces locales sin cables. Mediante sistemas de radio omnidireccional de bajo poder, WLL permite a las operadoras una capacidad de transmisión mayor a un megabit por usuario y más de un gigabit de ancho de banda agregado por área de cobertura.

Tales sistemas están siendo implantados en las economías emergentes, donde aún no existe acceso a las redes públicas fijas. Los países en desarrollo como China, India, Brasil, Rusia, Indonesia y Venezuela tienen la mirada puesta en la tecnología WLL, como una manera eficiente de desplegar servicios a millones de suscriptores, evitando los costos de trazar rutas de cable físico.

También es altamente beneficioso para los operadores que entran en mercados competitivos, ya que dichas compañías pueden llegar a los usuarios sin tener que pasar por las redes de los operadores tradicionales.

En economías desarrolladas, los costos de despliegue y mantenimiento de la tecnología inalámbrica, son relativamente bajos. Esas ventajas hacen de WLL una solución de alta competencia.

### **5.2.1. Mercado Objetivo**

Para la red telefónica de Guayaquil, el mercado objetivo para el acceso por WLL serían:

- Los usuarios residentes en áreas rurales
  
- Los usuarios residentes en áreas urbanas que no estén dentro de los planos de cobertura de cablemódem.
  
- Los usuarios dentro de la cobertura de cablemódem, cuyos requerimientos de líneas telefónicas o ancho de banda cause la saturación de la capacidad del nodo y por ende perjudique a los abonados existentes.
  
- Los usuarios dentro de la cobertura de un nodo de cablemódem, cuyo ancho de banda esté saturado.

Un factor clave para el éxito de cualquier tecnología emergente lo constituye la predisposición del mercado para responder a los servicios y capacidades que dicha tecnología ofrece. Es necesario, por lo tanto analizar las necesidades y expectativas de aquellos segmentos de mercado donde las redes de acceso radio de banda ancha resultan más adecuadas.

Podemos distinguir los siguientes segmentos de mercado significativos:

- Residencial básico, caracterizado por un uso predominante de los servicios de voz y de TV (distribución). Con un uso marginal, aunque creciente, de acceso a Internet, con velocidades no demasiado elevadas.
- Residencial alto, realiza un mayor uso de Internet y está dispuesto a pagar por una mayor velocidad de acceso.
- Oficina doméstica, también conocido por las siglas inglesas SOHO (Small Office, Home Office) que responde al perfil típico de teletrabajador o pequeña empresa familiar. Para este

segmento una línea múltiple y conexión permanente a Internet son aspectos cruciales.

- PYME o Pequeña y Mediana Empresa. Este es el segmento de mercado más “goloso” y al que los nuevos operadores, especialmente los que entran al mercado con tecnologías radio, dirigirán sus esfuerzos.
  
- Grandes empresas, con decenas o miles de empleados y cuyas necesidades de servicios de comunicación son muy importantes. Normalmente se trata de empresas ubicadas en diferentes zonas y con una necesidad perentoria de comunicaciones internas y redes privadas.

### **5.2.2. Especificaciones técnicas**

WLL puede ser puesto en ejecución a través de cinco categorías de tecnologías inalámbricas:

- Digital celular.
  
- Analógico celular.

- Servicios de Comunicaciones personales (PCS).
- Telefonía sin cables de segunda generación (CT-2) – Telecomunicaciones digitales sin cables (DECT).
- Implementaciones propietarias.

Cada uno de estas tecnologías tiene una mezcla de fuerzas y debilidades para las aplicaciones WLL.

Los sistemas WLL deben optimizar el uso de los canales radio, proporcionando la mayor capacidad posible al máximo número de abonados, para un ancho de banda dado. Para ello utilizan técnicas de acceso múltiple TDM/TDMA o TDMA/TDMA. Desde el punto de vista topológico, presentan un despliegue multicelular que permite el reuso de frecuencia en cada celda, con estructuras punto a multipunto (PMP) o multipunto a multipunto.

Las estructuras punto multipunto se adaptan de modo natural a una colectividad de usuarios distribuidos geográficamente

conectada a las redes troncales a través de un nodo de acceso. Este nodo controla la red de acceso y las interfaces de conexión hacia las redes troncales (PSTN, ISDN o IP).

Por razones de fiabilidad se necesitan unidades redundantes, que representan un costo inevitable de abordar desde el primer momento, aun cuando el número de abonados equipados en el sistema sea muy pequeño (situación típica en los primeros meses de despliegue del producto en el campo).

Las estructuras multipunto, aunque con algunas ventajas sobre las anteriores, presentan una complejidad que las ha relegado a un segundo plano.

Una de las características más importantes de los sistemas WLL avanzados es la asignación dinámica de los recursos radio en tiempo real, en función de las interferencias presentes en cada momento, lo que facilita en gran medida la planificación de la red a lo largo del ciclo de despliegue del producto.

La configuración a implementarse será propietaria del proveedor de los equipos para WLL, por lo que la descripción técnica específica se la detalla en la siguiente sección.

### **5.2.3. Equipos propuestos**

TV Cable ha seleccionado a la compañía *Innowave* como proveedor de los equipos necesarios para la solución de acceso WLL. El eMGW es un sistema de acceso fijo inalámbrico punto-multipunto que entrega soluciones de voz y datos para usuarios SOHO y Residencial Alto. Incorpora una tecnología de conmutación híbrida, que soporta tanto conmutación de paquetes para servicios DSL como Internet banda ancha y redes de datos corporativas; y conmutación de circuitos, para servicios de telefonía, fax, líneas dedicadas o ISDN-BRI.

El eMGW se basa en la tecnología FH-CDMA que garantiza un servicio robusto, seguro y confiable, optimizando el uso del espectro.

#### **5.2.3.1. Componentes y arquitectura del sistema**

La figura 4.6 muestra la arquitectura integrada del sistema eMGW

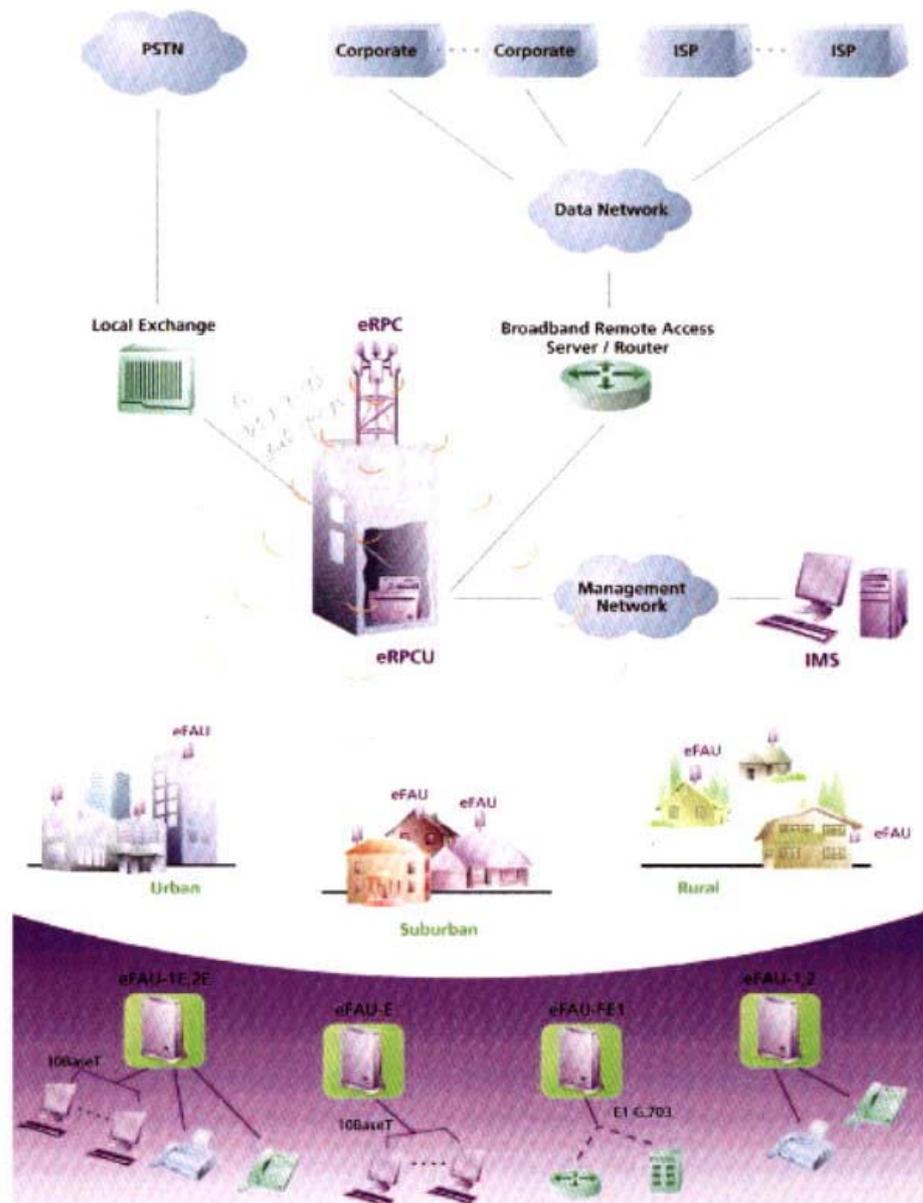
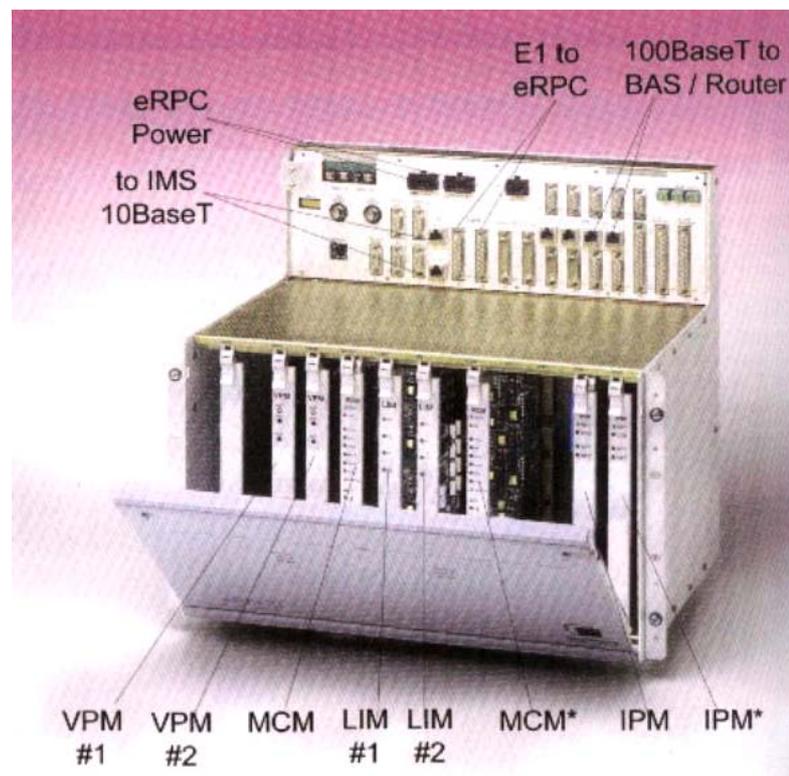


Figura 5.5. Arquitectura del sistema eMGW

Los componentes principales son:

**En la estación base:**



**Figura 5.6. eRPCU**

**eRPCU:** Controlador de la estación base interno. Provee las interfaces hacia la PSTN y la red de datos. También controla los eRPCs y los eFAUs en su dominio. Entre sus funciones están:

- Comunicación con la PSTN mediante enlaces E1 concentrados con señalización V5.2, un máximo de 6 E1s por eRPCU.
  
- Comunicación con la red de datos sobre una LAN con conectores 10/100 BaseT o cualquier otro medio de transmisión (fibra, cobre, microonda, etc..)
  
- Control y energía del eRPC
  
- Manejo de recursos del sistema para la conmutación de circuitos y paquetes.
  
- Procesamiento del tráfico de llamadas telefónicas
  
- Procesamiento de voz: Compresión PCM a ADPCM, cancelación de eco, y detección de fax/MODEM
  
- Conmutación de datos del uplink y downlink
  
- Interfaces al IMS (sistema de mantenimiento y gestión)

- Interfaces de alarma y sensores.

El eRPCU adopta un diseño modular que permite la expansión mediante la adición de tableros de circuitos para aumentar la capacidad o la cantidad de servicios.

La capacidad de un eRPCU es:

- Máximo 8 interfaces de radio eRPCs
- Máximo 8 E1s (6 E1s agrupados en una interfaz V5.2, 2 E1s para líneas dedicadas) dando una capacidad de 180 llamadas simultáneas.
- Máximo 2048 líneas de usuario telefónico, o 2048 hosts de datos.
- Una interfaz 10/100 baseT para la conectividad de la red de datos (por módulo IPM).
- Una interfaz 10BaseT para la conexión al IMS.

Se pueden coubicar hasta 10 eRPCUs en una estación base, para soportar hasta 80 eRPCs usando un espectro de 80MHz.



**Figura 5.7. eRPC**

**eRPC:** Radio de la estación base. Es la unidad del radiopuerto situado en el punto focal de la celda. provee la cobertura de radio punto-multipunto con las unidades de suscriptor dentro del área de servicio. Maneja el protocolo de aire del eMGW y la transmisión RF. La rata de transmisión de un RPC es de 1.5Mbps sobre 1MHz. Implementa la conmutación híbrida de

circuitos y paquetes sobre el enlace aéreo. Incluye el módem, la circuitería RF, y una antena direccional incluida, de 60° o 120° de cobertura. Se conecta mediante 3 pares de cobre con el eRPCU. 2 pares contienen la información de PSTN con la señalización y los datos; y el tercer par es para la energía. La máxima distancia entre el eRPCU y el eRPC es de 500m. Utiliza modulación  $\pi/4$  DQPSK, con una sensibilidad en el receptor de hasta  $-95\text{dBm}$  ( $\text{BER} = 10^{-4}$ )

**GSS:** Sistema de sincronización global. Para minimizar el ruido por interferencia entre celdas, se utiliza este sistema para sincronizar los saltos en frecuencia entre cada estación base. Consiste de un receptor GPS y un GTU. El GPS envía la referencia exacta de frecuencia y de cambio en el tiempo al GTU, y el GTU distribuye estas referencias a todos los eRPCUs en la estación base.

**En las premisas del Usuario:****Figura 5.8. eFAU**

**eFAU:** Terminal de usuario externa. Completa en enlace de radio con el eRPC. Provee una interfaz física estándar hacia el equipo del usuario, como el teléfono, fax, modem y PC. Es una unidad integrada, diseñada para instalación externa, consiste en los circuitos RF, una antena direccional incluida, y las interfaces de usuario en el módulo externo.

Existen varios tipos de eFAUs, de acuerdo a los requerimientos del suscriptor:

eFAU	Interfaces y Capacidad
eFAU-1	Una línea telefónica
eFAU-2	Dos líneas telefónicas independientes
eFAU-1E	Una línea telefónica + un puerto Ethernet (10BaseT)
eFAU-2E	Dos líneas telefónicas + un puerto Ethernet (10BaseT)
eFAU-E	Un puerto Ethernet (10BaseT)
eFAU-xP	Una o dos líneas de telefonía pública (x=1,2)
eFAU-FE1	Fracción de E1 (6 x 64Kbps) con interfaz G.703
eFAU1i	Una línea ISDN-BRI + una línea telefónica

**Tabla 20. Tipos de eFAUs**

**ePCU:** Interfaz de usuario interna. Provee la energía necesaria para el eFAU. Contiene las baterías de respaldo, que provee hasta 6 horas de respaldo de energía en caso de falla de la alimentación. Se conecta al eFAU mediante pares trenzados según el estándar CAT-5, y provee las interfaces a los equipos de usuario, es decir, los conectores RJ11 y RJ45 para telefonía y datos respectivamente.

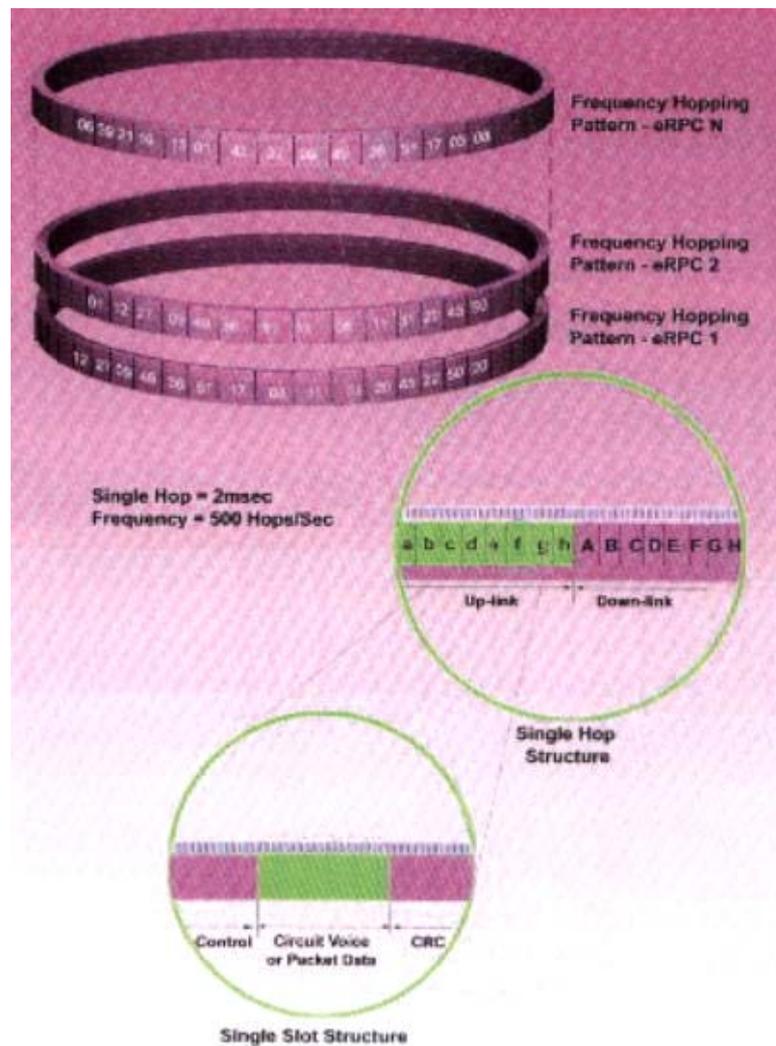
### 5.2.3.2. Funcionamiento de la red

El sistema eMGW de Innowave la tecnología digital de radio FH-CDMA, la cual provee, entre otras, las siguientes ventajas:

- Resistente a interferencias
  
- Uso flexible y eficiente del espectro
  
- Amplia área de cobertura

La interfase aérea está basada en la integración acertada de:

- FH CDMA de espectro ensanchado
  
- TDD
  
- TDM/TDMA



**Figura 5.9. FH CDMA**

Ocupando un ancho de 1 MHz, el eRPC del sistema salta cada 2ms de una frecuencia a otra, logrando 500 saltos por segundo. Estos saltos pueden ubicarse a lo largo de la banda de frecuencias concedidas, hasta 80

distintas frecuencias de un ancho de 1MHz. Esto quiere decir que se pueden ubicar hasta 80 eRPCs en una celda, de acuerdo al espectro disponible.

La secuencia de saltos de frecuencia es ortogonal y sincronizada usando GPS. De esta manera se evita la interferencia dentro de los RPCs en una celda, y entre celdas adyacentes.

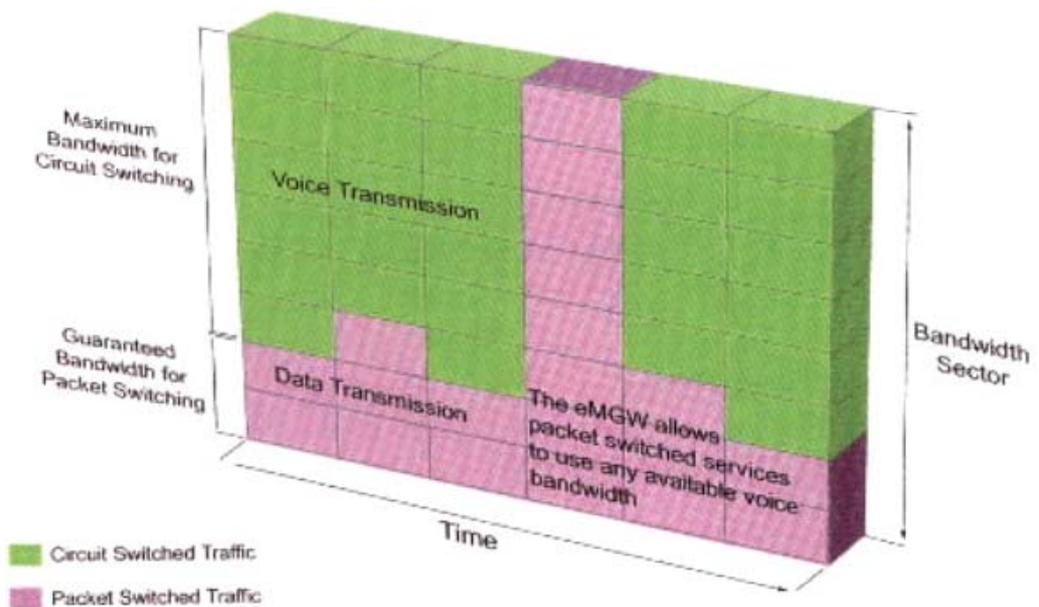
### ***TDD***

Cada salto de frecuencia dura 2ms, y es usado para el uplink y el downlink en transmisiones simétricas de 1ms cada una. Como el uplink como el downlink comparten la misma frecuencia en la transmisión, cualquier parámetro corrector se aplica a ambos durante el intervalo de frecuencias.

### ***TDM/TDMA***

Ambos flujos del uplink y downlink se enmarcan en canales de 64Kbps, que proveen la multiplexación por división de tiempo en el downlink, y acceso múltiple por división de tiempo en el uplink.

Los eFAUs rastrean continuamente los saltos de frecuencia del eRPC y reciben todos los canales de 64Kbps (downlink). Luego de requerir el servicio, el eFAU transmite sobre algunos o todos los canales del eRPC (uplink), basado en la asignación dinámica de ancho de banda obtenida de la estación base. Esta última característica permite a la red de paquetes y circuitos tener un mínimo y máximo ancho de banda para su transmisión en el aire. La red de paquetes puede también ocupar el ancho de banda de la red de circuitos en intervalos ociosos. De esta manera, se aumenta la velocidad de la red de datos sin afectar la calidad del servicio en telefonía.



**Figura 5.10. Asignación dinámica del ancho de banda**

La tabla 20 muestra la capacidad de líneas telefónicas por celda para distintos eRPCs cubricados en una radiobase. El análisis se lo realizó el modelo Erlang B, asumiendo un GoS de 1%, 70mErlang por abonado, y 32Kbps ADPCM.

eRPCs	BW (MHz)	Capacidad de Tráfico (Erlang)	POTS lineas	Eficiencia Erlang/MHz
6	6	53.28	756	8.88
12	12	132	1884	11
18	18	216.6	3090	12.03
24	24	303.6	4332	12.65
30	30	392.1	5598	13.08
36	36	481.8	6882	13.38
42	42	572.2	8172	13.63
48	48	663.4	9474	13.82

**Tabla 21. Capacidad de líneas telefónicas**

### 5.2.3.3. Gestión y Mantenimiento WLL

El sistema eMGW provee el sistema de gestión de red propietario IMS. Es una solución que integra el manejo de todos los niveles de operación en una solo plataforma. El IMS asegura que todas las partes trabajen sistemáticamente, de manera eficiente y segura. Es compatible con los estándares ITU y TMN para su conexión con sistemas superiores de gestión. Puede integrarse con sistemas de gestión de capa superior (*Managers of Managers – MOM*) vía protocolos estándares, como el SQL, SNMP y CORBA.

El IMS provee tres niveles jerárquicos de operación:

**Local (*Local Craft IMS*):** Es de un usuario, para manejar un solo elemento de red (NE), como la radio base o la radio celda, y es utilizado por los técnicos para configuración, gestión y mantenimiento de los NE individuales.

**Regional (*Regional IMS*):** Incluye las herramientas para manejar el sistema eMGW operando en varias zonas de servicio definidas por el administrador del sistema.

**Central (*Central IMS*):** Provee al operador una imagen completa del sistema eMGW, operando en áreas específicas. Esta basado en la conexión de varios servidores IMS regionales y el sistema de gestión de nivel superior del operador mediante interfaces estándar como DCOM o CORBA. El NMS del operador actúa como un servidor central para permitir la

conexión antes mencionada luego de una fase preliminar de definiciones.

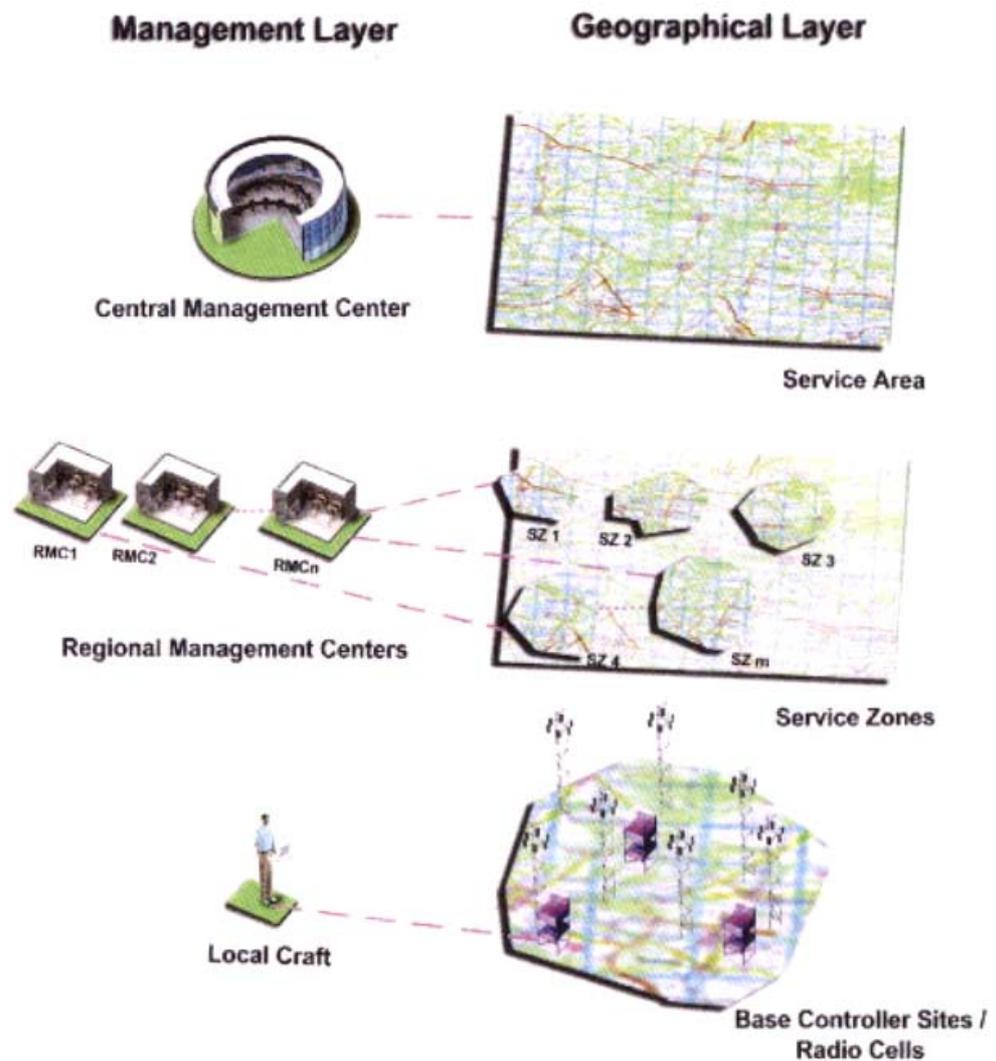


Figura 5.11. Arquitectura jerárquica del IMS

## CAPÍTULO 6

### **6. PROYECTO DE COUBICACIÓN DE EQUIPOS PARA LA CONVERGENCIA.**

El proyecto de coubicación consiste en proveer un espacio físico para instalar todos los equipos y elementos de las redes de TV Cable, Satnet, Suratel y Setel. Entre los beneficios de esta labor están:

- Se podrá realizar la operación, monitoreo y mantenimiento de las redes desde un NOC único.

- Se minimizarán los costos de interconexión de servicios en las redes convergentes.
- Se logrará un intercambio efectivo de información entre los administradores de las redes y entre los técnicos de supervisión.
- Se tendrá espacio físico de reserva para futuras expansiones.

Para lograr este objetivo, se construirá un edificio nuevo en las instalaciones del headend de TV Cable, el cual se denominará NUEVO HEADEND, ubicado en Guayaquil, en la Av. Juan Tanca Marengo. La misma labor se realizará en la ciudad de Quito, con un edificio ubicado en Bellavista. Estos serán los centros de control de las redes convergentes de TV Cable: El NOC principal es el de Quito, y el NOC backup es el de Guayaquil.

**Para el NUEVO HEADEND en Guayaquil, se trasladará los equipos de las siguientes localidades.**

Origen	Dirección	Equipos a trasladar
TV Cable Headend	Av. Juan Tanca Marengo	Acometida de Fibra Optica Tx y Rx ópticos Receptores Satelitales Codificadores y moduladores Nodo Suratel

		CMTS Routers Satnet Equipos de monitoreo
Suratel Telepuerto	Cdla. Adace	Tranceiver Modems satelitales Antena Satelital Cassegrain Enlace radial Router Satnet Equipos de monitoreo
Satnet Urdesa	Urdesa Central	Routers Modems de conexión dial-up Acometida telefónica Equipos de monitoreo

**Tabla 22. Traslado de equipos**

### 6.1. Construcción del edificio

Se construirá un edificio de 2 plantas en el lado este del actual headend de TV Cable. La planta baja tendrá un espacio de 135m<sup>2</sup> donde albergará todos los equipos de telecomunicaciones detallados en la tabla 5.1, junto con el área de monitoreo de CATV, y las baterías de respaldo del sistema de energía(Ver figura 6.1). La planta alta albergará el área de monitoreo de Internet, la red de datos, la red HFC y telefonía, así como las oficinas y salas de sesiones de la gerencia técnica. En la terraza estarán ubicadas las antenas de recepción de la señal de TV satelital y la antena de enlace radial. La antena cassegrain del telepuerto estará ubicada a nivel del suelo junto al edificio.

#### 6.1.1. Diseño del espacio para los racks de telecomunicaciones

Para la ubicación de los racks de equipos de telecomunicaciones, se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Entre cada fila de racks, debe haber un espacio mínimo de 80cm. que es el suficiente para que una persona adulta pueda agacharse a retirar o instalar un equipo (lado frontal).
- El cableado se realizará de manera aérea, sobre canaletas especiales y aterrizadas.
- Se ubicaran los racks de tal manera que el espacio entre dos filas sea el frontal de ambas (corredor) o el lado posterior, que es donde se ubicaran las canaletas para el cableado.
- No es necesario que el espacio para los corredores y las canaletas sea igual.
- Los ductos de climatización deben ubicarse de tal manera que afecten únicamente a los equipos de telecomunicaciones, y no para ambientar el área.

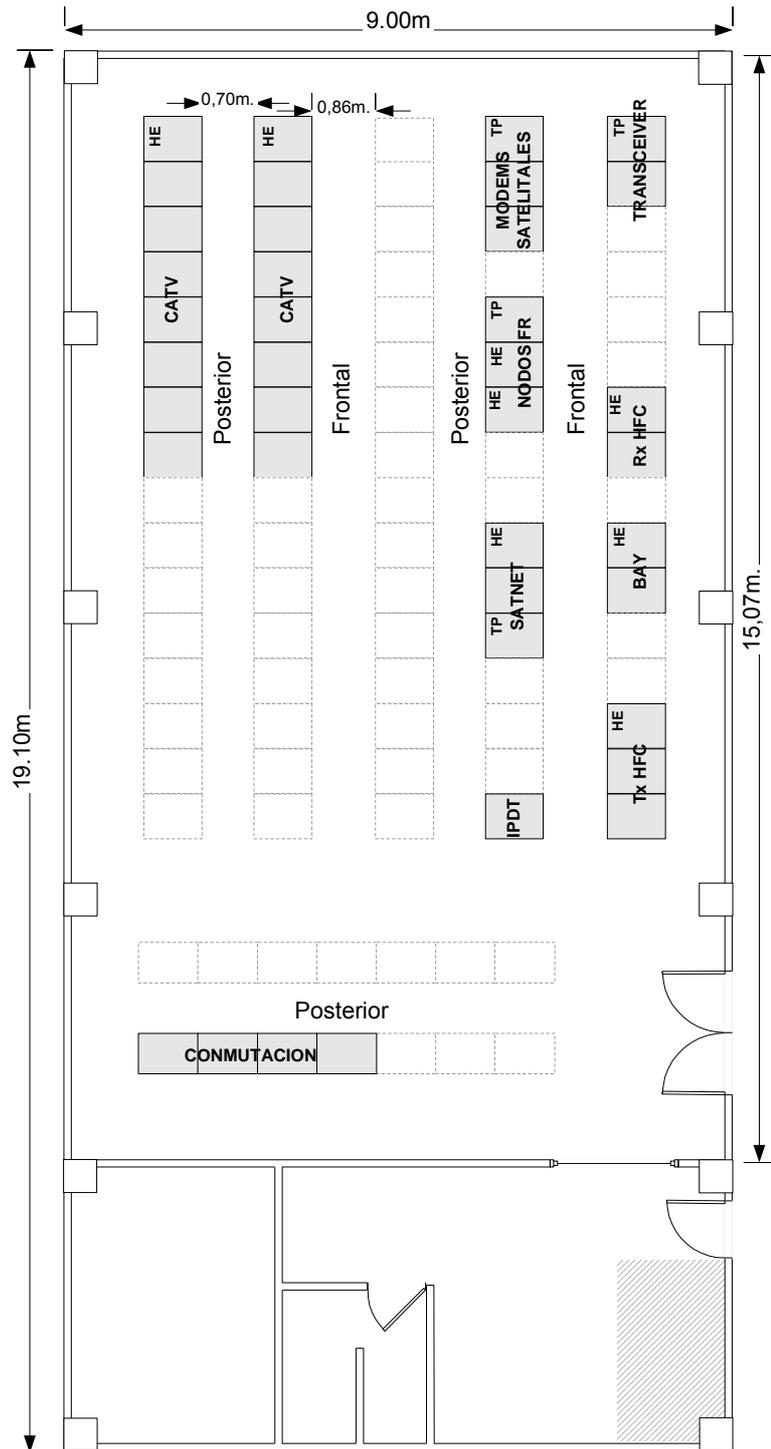
- La acometida de fibra óptica debe estar ubicada lo más cercana posible a la calle.
  
- Todos los equipos con interfaces ópticas hacia la acometida deben estar ubicados cerca de ésta para minimizar gastos en cable de fibra óptica.
  
- Los HPA que alimentan a la antena de datos por medio de guías de onda deben estar ubicados lo más cercanos posible para evitar degradación de la señal.
  
- Cada área debe estar separada por un número de espacio de racks para expansión, de tal manera que la instalación nuevos equipos sea rápida y sencilla.

De las localidades listadas en la tabla 21, se trasladarán los racks enumerados a continuación, junto con los racks que ocupará la central telefónica y el IPDT.

Área	Descripción	Número de Racks
CATV	Receptores, Codificadores, Moduladores	16
Fibra Óptica	Amplificadores ópticos	3
	Patch Bay	2
	Chasis de Retorno	2
Red de Datos	Traceiver	2
	Modems Satelitales	3
	Nodos (switches)	3
Internet	Modems	1
	Routers	1
	CMTS	1
Telefonía	Switch	4
	IPDT	1

**Tabla 23. Racks a ubicar en el nuevo headend.**

De acuerdo a los criterios mencionados anteriormente, se ubicarán los racks como lo indica la figura 6.1.



## Figura 6.1. Ubicación de los racks

### 6.1.2. Diseño del área de monitoreo.

Para realizar el monitoreo y control adecuado de la red y los equipos de telecomunicaciones, se necesita la siguiente cantidad de personal de planta y equipos:

Área	Responsabilidad	Equipos	# de técnicos
CATV	Monitorear la recepción de la señal de TV, configurar los receptores, codificadores y moduladores	Analizadores de espectro, 6 televisores para monitoreo continuo de canales de TV	3
Fibra Óptica	Monitorear la calidad del enlace, medir pérdidas en la red, mantenimiento de las fibras		2
Red de Datos	Configurar nodos para nuevos usuarios, verificar estado de la red, segmentación del ancho de banda, monitoreo del enlace satelital	Sun Microsystems Solaris, 2 PCs, analizador de espectro, instrumentos varios.	3
Internet	Actualizar base de datos de usuarios, configuración del CMTS, cablemodems, routers y modems.	8 PCs	8
Telefonía	Gestión y mantenimiento del switch de telefonía, estado de las radiobases y CPEs de la red WLL, configuración y monitoreo del IPDT y los MTAs	6 PCs para monitoreo de equipos y gestión de la red	6

### Tabla 24. Requerimientos del área de monitoreo

El área de monitoreo de CATV se ubicará en la planta baja contiguo al área de los racks de telecomunicaciones. El resto de personal y equipos se ubicarán en la planta alta, en donde también estarán las oficinas de los jefes, gerentes y asistentes de cada área. Se utilizará también el espacio que ocupa actualmente el headend para albergar los equipos y personal técnico de operación, así como las áreas de diseño de red.

#### 6.2. Sistema de climatización

Se tienen los siguientes valores para el sistema de climatización en BTU, de acuerdo a las especificaciones de los sistemas acondicionadores de aire en las localidades actuales y a los datos entregados por los proveedores de los equipos nuevos.

TV Cable	86140,39
Suratel	15759,36
Satnet	8541,32
Telepuerto	24000
Conmutación	5198,34
<b>Total generación de calor</b>	<b>139639,41</b>

### Tabla 25. Generación de calor en BTU

Se utilizará el valor de 150000 BTU para dimensionar la capacidad del sistema de climatización para el nuevo headend.

## 6.3. Requerimientos eléctricos

### 6.3.1. Diseño del sistema de energía

La tabla 25 muestra la potencia total de los equipos de telecomunicaciones en cada área.

TV Cable	15.34KW
Suratel	2.37KW
Satnet	1,3KW
Telepuerto	10KW
Conmutación	1.597KW
<b>Total consumo eléctrico</b>	<b>30.61 KW</b>

### Tabla 26. Consumo de potencia de equipos en KW

Para los equipos acondicionadores de aire, se puede aproximar la potencia eléctrica a partir del calor en BTU mediante la fórmula:

$$\text{Calor[BTU]} \times 0.17 = \text{Consumo de Potencia [W]}$$

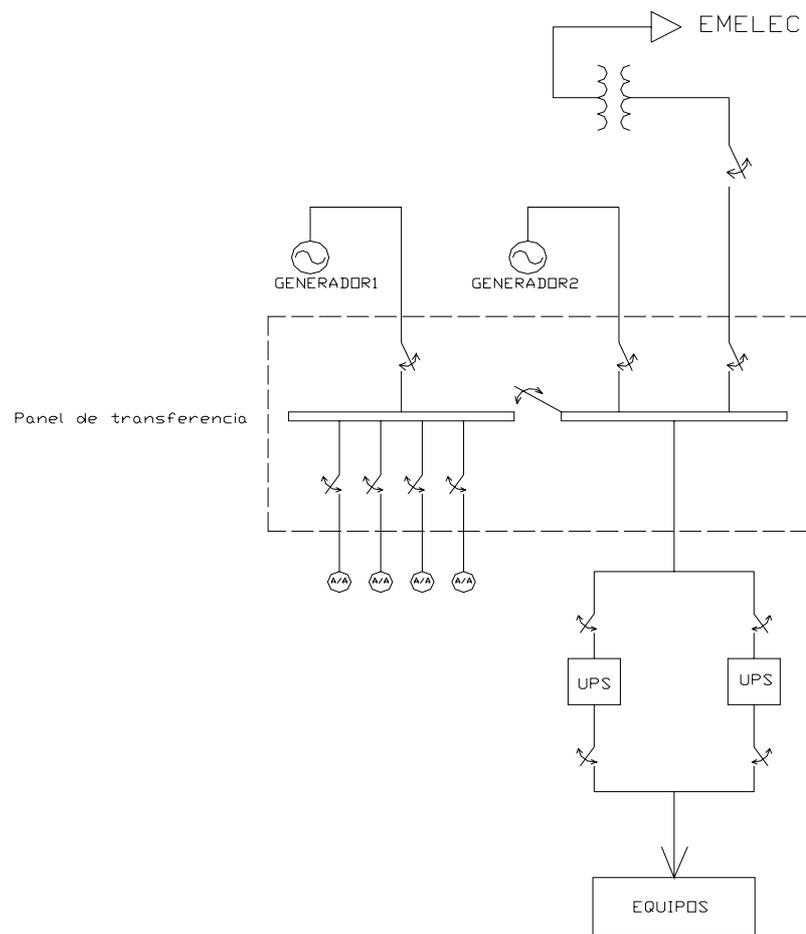
Remplazando el total de la tabla 5.4 en esta fórmula, obtenemos el máximo consumo de potencia del sistema de climatización:

$$150000\text{BTU} \times 0.17 = 25500 \text{ WH} = \mathbf{25.5 [KW]}$$

El total de potencia eléctrica requerida para el nuevo headend sería, manteniendo un 25% de resguardo para expansión:

$$(30.61 \text{ [KWH]} + 25.5 \text{ [KWH]}) \times 1.25 = \mathbf{70.14 [KWH]}$$

La figura 6.2 muestra un diagrama de bloques del sistema de alimentación eléctrica:



**Figura 6.2. Sistema de alimentación eléctrica.**

El principal componente del sistema de alimentación eléctrica es el panel de transferencia. Es un circuito automático de conmutación de las líneas de alimentación eléctrica en caso de falla.

La alimentación principal estará a cargo de EMELEC, el cual suministrará la energía tanto para los acondicionadores de aire como para los equipos de telecomunicaciones. El UPS está conectado en serie con la línea de EMELEC. De esta manera, los equipos reciben la energía desde las baterías del UPS, mientras que la línea de EMELEC las está cargando constantemente. Esto hace invisible cualquier falla en la línea de EMELEC hacia los equipos de telecomunicaciones. En el caso de que la línea de EMELEC falle, el panel de transferencia se encargará de encender los generadores y de iniciar el timer de cuenta regresiva para la conmutación de las líneas. Durante este tiempo, los equipos de telecomunicaciones se mantendrán encendidos gracias a la energía provista por las baterías del UPS. Se colocan 2 bancos de baterías para redundancia. El generador 1 estará encargado de la energía de los A/A, mientras que el generador 2 alimentará los equipos de telecomunicaciones. El timer contará el tiempo necesario en que los generadores han alcanzado su velocidad de operación. Una vez transcurrido este tiempo (aprox. 10s, varía según el fabricante), el panel de transferencia conmutará las líneas de alimentación hacia los generadores. Por medio de un sistema de control automático, el panel de transferencia cerrará los

circuitos de los compresores del sistema de climatización de manera secuencial, para evitar una sobrecarga debido a la alta corriente de arranque de los motores.

Cuando se detecte un nivel normal de alimentación de EMELEC, el panel de transferencia conmutará de vuelta las líneas de los A/A y los equipos hacia las líneas de EMELEC.

### **6.3.2. Acometida eléctrica**

Se va a construir una acometida eléctrica bifásica trifilar de 240V. Calculamos la corriente:

$$\text{Potencia} = \text{Voltaje} \times \text{Corriente}$$

$$\text{Corriente} = \text{Potencia} / \text{Voltaje}$$

$$\text{Potencia} = 70.14 \text{ [KW]}$$

$$\text{Voltaje} = 240 \text{ [V]}$$

$$\text{Corriente} = 70140 / 240 = \mathbf{292.25 \text{ [A]}}$$

Ya que tomamos esta potencia de las dos fases, esta corriente será conducida por dos cables, lo que quiere decir que cada cable transportará:

$$\text{Corriente/Fase} = 292.25/2 = \mathbf{146.125 [A]}$$

Como esta corriente es muy alta, se utilizarán dos cables para cada fase, lo que disminuye su valor a:

$$\text{Corriente/Cable} = 146.125/2 = \mathbf{73.06 [A]}$$

De acuerdo al NATSIM (Normas de acometidas, cuartos de transformadores, y sistemas de medición para el suministro de electricidad), el cable a utilizarse para manejar esta corriente es 4/0. Para la línea de neutro se usará un cable 2/0.

El máximo de potencia que puede suministrar EMELEC desde su red de distribución es 30KW. Es necesario entonces colocar un transformador, ya sea padmounted o convencional, con las siguientes características:

<b>Tipo</b>	Bifásico
<b>Entrada</b>	13.8 [KV]
<b>Salida</b>	240/120 [V]
<b>Potencia</b>	75 [KVA]

**Tabla 27. Características del transformador**

### **6.3.3. Puesta a tierra de sistemas eléctricos**

Es fundamental el aterrizaje apropiado de los sistemas electrónicos de computación y telecomunicaciones. Con una buena puesta a tierra logramos:

- Minimizar el ruido en las comunicaciones.
- Disminuir problemas en la operación.
- Proteger los equipos de variaciones en la alimentación de voltaje.
- Dar seguridad al personal que opera los equipos contra choques eléctricos.

Para dar un aterrizaje adecuado para los equipos electrónicos, existen una gran diversidad de estándares rigen los procedimientos a seguir. Para evitar conflictos, los requerimientos del NEC (Consejo Nacional Eléctrico) deben prevalecer.

Los sistemas electrónicos deben estar sólidamente aterrizados, es decir, directamente conectados a tierra. Para una instalación típica de equipos electrónicos, puede conceptualizarse 4 subsistemas de puesta a tierra:

- **NEC:** Provee las seguridades para el personal de operación contra choques eléctricos.
  
- **SRS:** (Estructura para referencia de señales) Provee la referencia de tierra lógica para equipos electrónicos, de computación y de telecomunicaciones.
  
- Subsistema de protección contra rayos.

- Subsistema de puesta a tierra a los protectores contra sobrevoltaje para los circuitos de telecomunicaciones, transmisión de datos, etc..

Todos estos sistemas deben estar sólidamente interconectados.

Se utilizarán varillas de cobre Copperweld para puesta a tierra que deben ser enterradas en la parte externa de la edificación formando un perímetro, separadas aproximadamente 3m entre cada una. El total de varillas para el área a construir sería 18. Las varillas deben tener entre 2.80m a 3.00m de longitud, diámetro 5/8".

Las varillas deben ser conectadas entre sí formando un anillo alrededor del edificio, utilizando cable sólido estañado 2/0 desnudo. El cable debe estar enterrado un mínimo de 50cm debajo del nivel del piso, dejando cámaras de revisión en cada unión del cable con la varilla. Se debe recostar el cable en una mezcla de sulfato de potasio y sulfato de magnesio mezclado con arena. El total de cable necesario para cubrir el perímetro es de 60m aproximadamente.

Se deben colocar 4 varillas alrededor de cada antena ubicada en el suelo, de igual manera se debe formar un anillo alrededor de cada una. Este anillo de tierra se lo debe conectar con el anillo principal (edificio) con un cable pero no cerrando un lazo. Las antenas ubicadas en la terraza se conectarán al anillo de tierra principal por medio de un cable individual.

**Se deben dejar las acometidas para pasar el cable de conexión a tierra lógica de cada grupo de equipos de telecomunicaciones, es decir, la tierra de cada grupo se concentrará en una sola conexión a tierra.**

**De igual manera se debe dejar una acometida para conectar toda la parte metálica del edificio con un punto de conexión al anillo de tierra, es decir, a este punto se conectará: el hierro de la**

**estructura, puertas, tuberías de agua, canaletas de cables, carcazas de UPS y generadores, y cada uno de los racks. Los generadores y los UPS deben tener una conexión directa al anillo de tierra.**

#### **6.4. Proyecto de traslado de equipos**

El traslado de equipos debe ser una labor muy bien planeada, ya que las redes prestan actualmente servicios las 24 horas del día, y se debe evitar en lo posible cualquier corte del servicio. Las labores deben coordinarse de tal manera que el impacto en el usuario sea mínimo.

##### **6.4.1. TV Cable headend**

El traslado de los 25 racks que están ubicados actualmente en el headend es la labor más difícil del proyecto de traslado de equipos. Como puede apreciarse en la figura 1.5, en el headend se encuentra un nodo del anillo SDH de Suratel, y q

además mantiene los enlaces PDH con los nodos de Adace (telepuerto), Conecel, Los Arcos, Almendros y Tejas.

También el headend alberga los racks Tx y Rx de fibra óptica de la red HFC, como lo indica la figura 1.4. Estos equipos son el corazón de la red HFC. El traslado de estos equipos implica un corte de servicio inevitable, por lo que se debe tratar de realizar este corte en las horas de menor demanda y durante el menor tiempo posible. Se utilizarán todas las cuadrillas de instalación disponibles coordinando esfuerzos en la desconexión y reconexión de equipos. Se debe hacer el cableado respectivo completo en el nuevo headend, para disminuir el tiempo del corte. El cronograma a seguir sería:

- 1- Se ordena el corte de servicio, se apagan los equipos y se inicia la desconexión, en el siguiente orden:
  - Patch Bay Optico
  - Amplificadores Opticos
  - Chasis de Retorno
  - Nodos Suratel
  - CMTS
  - Routers Internet

- Receptores, Codificadores y moduladores de TV
- Data commander
- Equipos de monitoreo

2- Se retiran unas planchas del tejado y con una grúa se eleva los cables de fibra y coaxiales q conectan la red HFC y se los mueve hacia la nueva locación del headend.

3- Se trasladan los equipos por rack, es decir, no se retirará ningún equipo de su rack, sino que cada rack sera llevado hacia la nueva locación por un montacargas y ubicado en el lugar predeterminado.

4- Se inicia la conexión de los equipos en el mismo orden en que se desconectaron.

5- Se conecta el patch bay optico con la nueva acometida del cable de fibras.

6- Se enciende todos los equipos y se inicia el proceso de pruebas

- 7- Una vez revisado el correcto funcionamiento del sistema, se ordena la reanudación del servicio.

La duración aproximada de esta labor depende de la cantidad de mano de obra disponible, entre operarios (grúas y montacargas), instaladores, cablistas y auxiliares.

#### **6.4.2. Suratel Telepuerto**

El nodo ubicado con el telepuerto en la ciudadela Adace no será trasladado. Para el traslado del telepuerto se seguirán los siguientes pasos:

- 1- Se armará una antena cassegrain paralela, la cual se instalará temporalmente en el nuevo headend.
- 2- Se desconectarán el HPA y el LNA redundantes (respaldos) del telepuerto, y se instalarán en la antena paralela.
- 3- Se moverán los módems satelitales no ocupados y se copiará en ellos la configuración de los módems en uso.

- 4- Se realizarán las pruebas respectivas de los nuevos enlaces, que deben ser exactos a los del telepuerto.
- 5- Se conectará los modems al nodo ya instalado en el nuevo headend, y se conmutará uno por uno el flujo de información, es decir, se enrutarán los enlaces al telepuerto alternativo instalado en el nuevo headend.
- 6- Los equipos restantes en el antiguo telepuerto se moverán al nuevo headend y se retomará la configuración redundante.

Como puede notarse, este método evita el corte de servicio en el área de transmisión de datos.

### **6.4.3. Satnet Urdesa**

El traslado del RAS, routers y la acometida de fibra de Satnet en Urdesa se lo realizará después de instalada la central telefónica en el nuevo headend. El traslado de los equipos implica una ligera decaída en disponibilidad, principalmente para las conexiones dial-up.

- 1- Se indica a los usuarios que el número telefónico correspondiente al PBX de Urdesa para conexión dial-up no estará disponible, lo cual aumentará la demanda en los demás RAS de la ciudad.
- 2- Se inicia la desconexión de los equipos, y se puentea la fibra óptica mediante un empalme de fusión.
- 3- Se asignan los E1s necesarios entre Pacifictel y la central de conmutación para las conexiones dial-up.
- 4- Se asigna un número de PBX en la red de telefonía fija de TV Cable
- 5- Se instala el RAS y los routers en el nuevo headend. Las entradas análogas del RAS ahora están conectadas con la central de conmutación.
- 6- Se publica el nuevo número de PBX para las conexiones dial-up.

## CONCLUSIONES

1. El proyecto expuesto en esta tesis de grado propone una solución innovadora para la prestación del servicio de telefonía. En el pasado, los gobiernos de cada país eran los encargados de proveer este servicio de telecomunicaciones, debido principalmente a la enorme inversión necesaria en la implementación. El uso de tecnología de última generación nos facilita los estudios y cálculos necesarios en el diseño, y permite un significativo ahorro en inversión y tiempo de instalación.
2. La integración de las empresas TV Cable, Satnet y Suratel en el Grupo Corporativo TV Cable permitirá un rápido desarrollo del servicio de telefonía, ya que utilizará en la mayoría de casos la infraestructura de red ya instalada en las principales ciudades del país para proveer este servicio.
3. Se realizó el estudio de tráfico para dimensionar las centrales de conmutación en base a los estudios de tráfico de las operadoras existentes. Esta manera es más efectiva para aproximar el tráfico de voz

esperado en las centrales que los estudios de tráfico convencionales. Debe resaltarse que los datos de tráfico mostrados en esta tesis son datos estadísticos aproximados.

4. Se iniciará la prestación del servicio de telefonía por medio de la red WLL. A pesar de ser una nueva red, las características técnicas de ésta (como transmisores de baja potencia) y la amplia cobertura de la red de datos de Suratel (Fibra óptica) permiten una rápida instalación y puesta en marcha. Esto permitirá al grupo TV Cable entrar de una manera altamente competitiva al mercado de las telecomunicaciones en cuanto a cobertura y calidad del servicio.
5. El servicio de telefonía a través de la red HFC permitirá brindarle al usuario la provisión de todos los servicios de telecomunicaciones a través de una sola plataforma. Esto reduce significativamente el costo de instalación, consecuentemente, un menor precio para el usuario.
6. Al utilizar VoIP para la telefonía sobre la red HFC se presentan nuevos desafíos al no tener un canal dedicado para la voz. La revisión y limpieza de todos los conectores, empalmes, y demás elementos de red

en el área de cobertura de un nodo óptico es obligatoria para minimizar problemas en la implementación.

7. Los equipos descritos en esta tesis fueron escogidos basándose en aspectos tanto técnicos como financieros. La central de conmutación y el sistema WLL son parte fundamental de la puesta en marcha, por lo que se realiza una descripción técnica de cada equipo propuesto. El MTA y el IPDT no fueron descritos ya que son parte de la segunda etapa de la implementación, pero se ha presentado la información técnica necesaria para una realizar una elección acertada.
8. La ubicación de todos los equipos (ruteadores, switches, receptores, etc. ) de las redes de datos, cable e Internet facilita las labores de monitoreo y gestión de la red. Además aumenta la productividad del personal técnico y permite realizar expansiones de manera rápida y sencilla.
9. La coordinación en el momento del traslado de los equipos es básica para evitar perjudicar al usuario con prolongados cortes en el servicio.

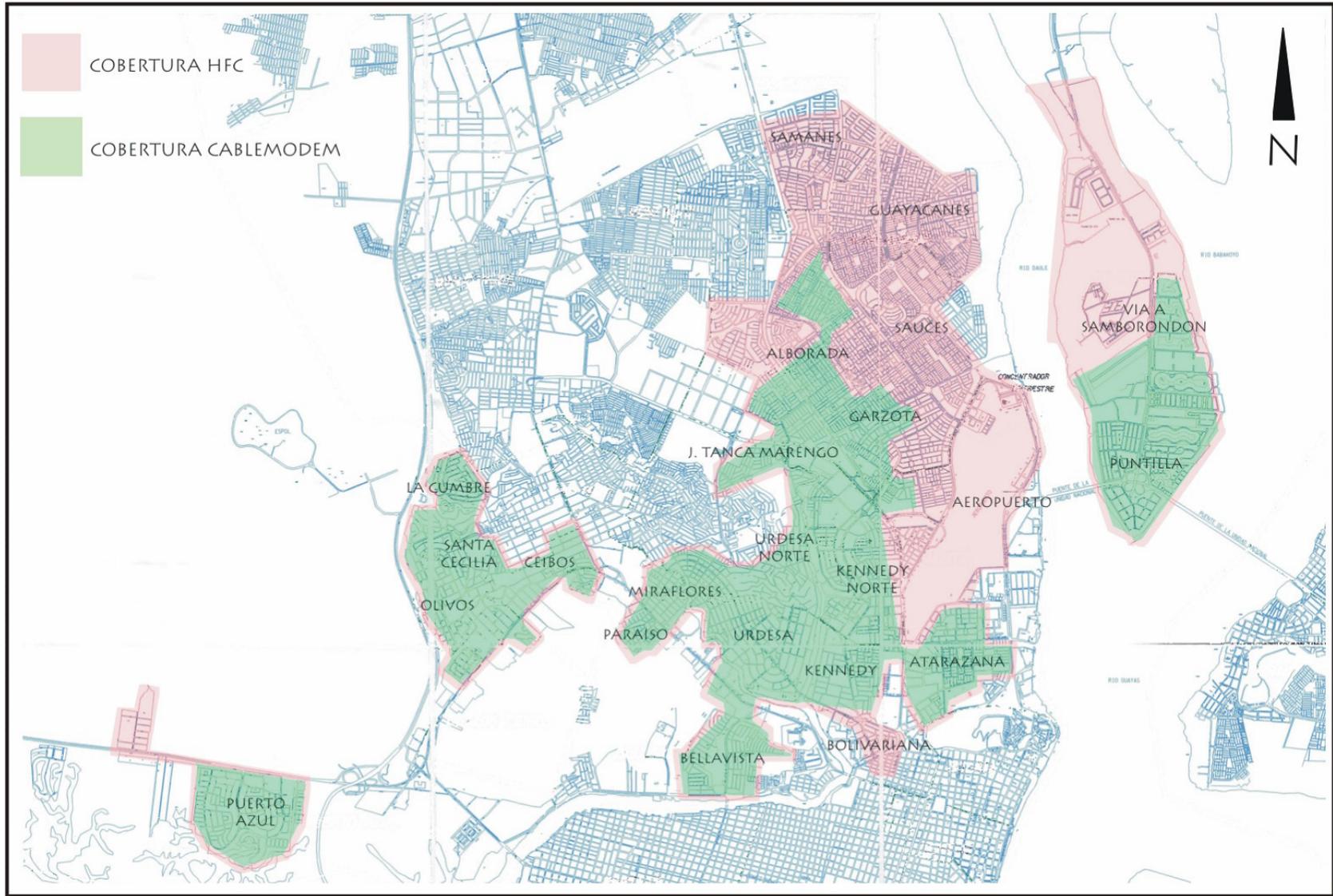
10. La implementación de redes convergentes como las propuestas en esta tesis favorece principalmente al comercio, tanto de las pequeñas o medianas empresas (PYME), o las grandes empresas nacionales y multinacionales.

## RECOMENDACIONES

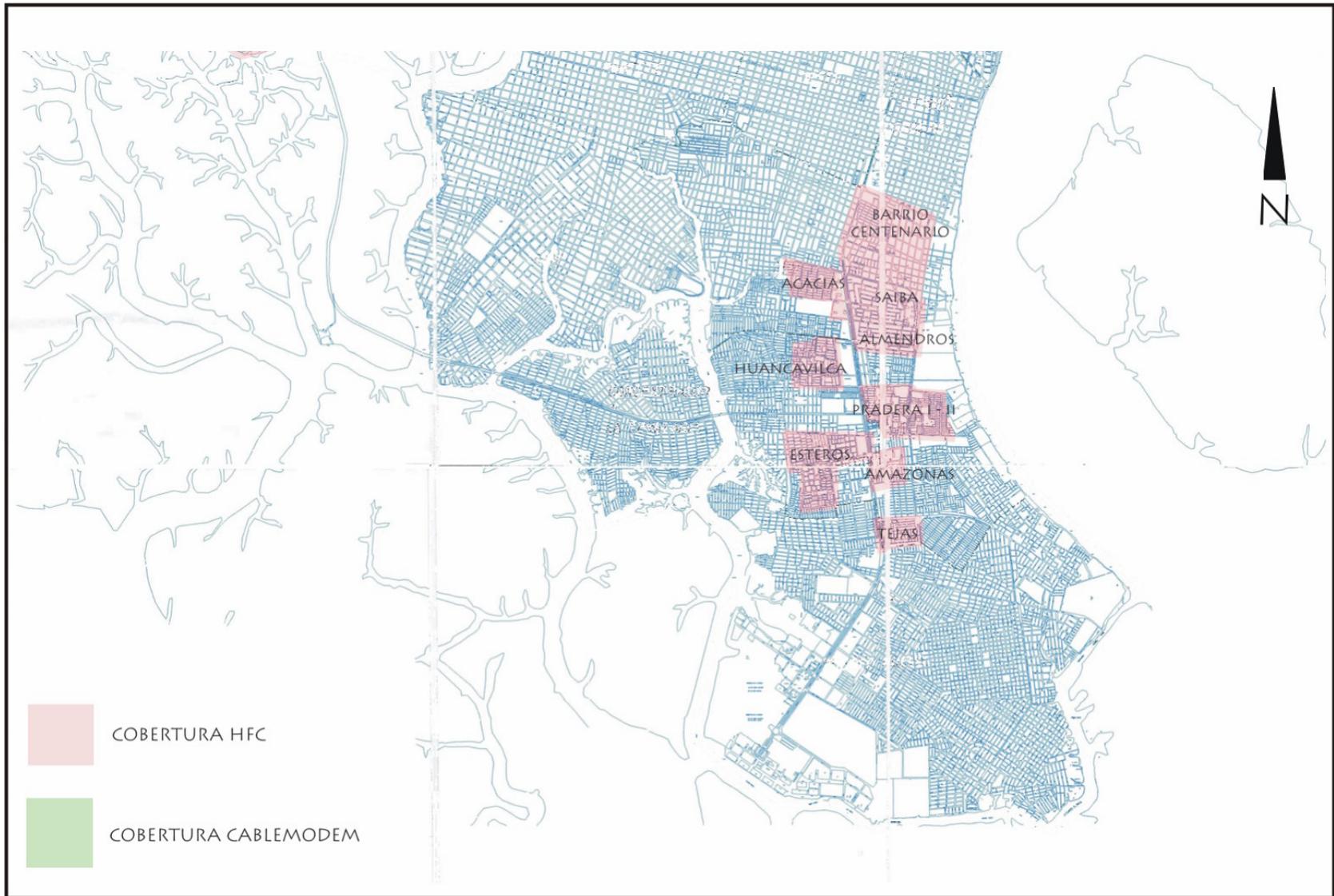
1. Es necesaria la organización adecuada del diseño para cumplir con las obligaciones con el CONATEL en lo que respecta a plazos de entrega y contenido de los informes técnicos.
  
2. El CONATEL debe estar presente en las negociaciones de los convenios de interconexión para que estos se lleven a cabo de una manera transparente y favorable para el usuario. Estas reuniones han sido llevadas durante un gran período de tiempo sin llegar a un acuerdo definitivo, por lo que el CONATEL debe intervenir y definir los convenios para permitir la puesta en marcha del nuevo operador.
  
3. Es conveniente escoger equipos de plataforma abierta para la operación y el mantenimiento. Esto permite tener un solo sistema de información (software) para la gestión de todos los equipos de la red, lo cual facilita la labor de los operadores y del personal de monitoreo.

# **APÉNDICE A**

**Planos de Cobertura de la red HFC en Guayaquil**



Plano 1 - Cobertura de la Red HFC Guayaquil Norte



Plano 2 - Cobertura de la Red HFC Guayaquil Sur

# **APÉNDICE B**

## **Tablas de Erlang**

**Erlang B Traffic Table**  
**Maximum Offered Load Versus B and N**  
 B is in %

<b>N/B</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
<b>1</b>	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
<b>2</b>	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954	.7962	1.000	1.449	2.000
<b>3</b>	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271	1.603	1.930	2.633	3.480
<b>4</b>	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
<b>5</b>	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881	3.454	4.010	5.189	6.596
<b>6</b>	.7282	.9957	1.146	1.622	1.909	2.276	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
<b>7</b>	1.054	1.392	1.579	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
<b>8</b>	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
<b>9</b>	1.826	2.302	2.558	3.333	3.783	4.345	5.370	6.546	7.551	8.522	10.58	13.05
<b>10</b>	2.260	2.803	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
<b>11</b>	2.722	3.329	3.651	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
<b>12</b>	3.207	3.878	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
<b>13</b>	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
<b>14</b>	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
<b>15</b>	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
<b>16</b>	5.339	6.250	6.722	8.100	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.81	20.30	24.54
<b>17</b>	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
<b>18</b>	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
<b>19</b>	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
<b>20</b>	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
<b>21</b>	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
<b>22</b>	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
<b>23</b>	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
<b>24</b>	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78	24.16	26.50	31.56	37.78
<b>25</b>	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
<b>26</b>	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
<b>27</b>	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
<b>28</b>	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.39	37.21	44.41
<b>29</b>	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
<b>30</b>	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
<b>31</b>	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
<b>32</b>	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
<b>33</b>	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
<b>34</b>	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
<b>35</b>	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.68	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
<b>36</b>	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
<b>37</b>	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
<b>38</b>	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
<b>39</b>	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
<b>40</b>	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
<b>41</b>	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
<b>42</b>	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
<b>43</b>	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

<b>44</b>	24.33	26.53	27.64	30.80	32.54	34.68	38.56	43.09	47.09	51.09	59.92	71.01
<b>45</b>	25.08	27.32	28.45	31.66	33.43	35.61	39.55	44.17	48.25	52.32	61.35	72.67
<b>46</b>	25.83	28.11	29.26	32.52	34.32	36.53	40.55	45.24	49.40	53.56	62.77	74.33
<b>47</b>	26.59	28.90	30.07	33.38	35.22	37.46	41.54	46.32	50.56	54.80	64.19	76.00
<b>48</b>	27.34	29.70	30.88	34.25	36.11	38.39	42.54	47.40	51.71	56.03	65.61	77.66
<b>49</b>	28.10	30.49	31.69	35.11	37.00	39.32	43.53	48.48	52.87	57.27	67.04	79.32
<b>50</b>	28.87	31.29	32.51	35.98	37.90	40.26	44.53	49.56	54.03	58.51	68.46	80.99
<b>51</b>	29.63	32.09	33.33	36.85	38.80	41.19	45.53	50.64	55.19	59.75	69.88	82.65
<b>52</b>	30.40	32.90	34.15	37.72	39.70	42.12	46.53	51.73	56.35	60.99	71.31	84.32
<b>53</b>	31.17	33.70	34.98	38.60	40.60	43.06	47.53	52.81	57.50	62.22	72.73	85.98
<b>54</b>	31.94	34.51	35.80	39.47	41.51	44.00	48.54	53.89	58.66	63.46	74.15	87.65
<b>55</b>	32.72	35.32	36.63	40.35	42.41	44.94	49.54	54.98	59.82	64.70	75.58	89.31
<b>56</b>	33.49	36.13	37.46	41.23	43.32	45.88	50.54	56.06	60.98	65.94	77.00	90.97
<b>57</b>	34.27	36.95	38.29	42.11	44.22	46.82	51.55	57.14	62.14	67.18	78.43	92.64
<b>58</b>	35.05	37.76	39.12	42.99	45.13	47.76	52.55	58.23	63.31	68.42	79.85	94.30
<b>59</b>	35.84	38.58	39.96	43.87	46.04	48.70	53.56	59.32	64.47	69.66	81.27	95.97
<b>60</b>	36.62	39.40	40.80	44.76	46.95	49.64	54.57	60.40	65.63	70.90	82.70	97.63
<b>61</b>	37.41	40.22	41.63	45.64	47.86	50.59	55.57	61.49	66.79	72.14	84.12	99.30
<b>62</b>	38.20	41.05	42.47	46.53	48.77	51.53	56.58	62.58	67.95	73.38	85.55	101.0
<b>63</b>	38.99	41.87	43.31	47.42	49.69	52.48	57.59	63.66	69.11	74.63	86.97	102.6
<b>64</b>	39.78	42.70	44.16	48.31	50.60	53.43	58.60	64.75	70.28	75.87	88.40	104.3
<b>65</b>	40.58	43.52	45.00	49.20	51.52	54.38	59.61	65.84	71.44	77.11	89.82	106.0
<b>66</b>	41.38	44.35	45.85	50.09	52.44	55.33	60.62	66.93	72.60	78.35	91.25	107.6
<b>67</b>	42.17	45.18	46.69	50.98	53.35	56.28	61.63	68.02	73.77	79.59	92.67	109.3
<b>68</b>	42.97	46.02	47.54	51.87	54.27	57.23	62.64	69.11	74.93	80.83	94.10	111.0
<b>69</b>	43.77	46.85	48.39	52.77	55.19	58.18	63.65	70.20	76.09	82.08	95.52	112.6
<b>70</b>	44.58	47.68	49.24	53.66	56.11	59.13	64.67	71.29	77.26	83.32	96.95	114.3
<b>71</b>	45.38	48.52	50.09	54.56	57.03	60.08	65.68	72.38	78.42	84.56	98.37	116.0
<b>72</b>	46.19	49.36	50.94	55.46	57.96	61.04	66.69	73.47	79.59	85.80	99.80	117.6
<b>73</b>	47.00	50.20	51.80	56.35	58.88	61.99	67.71	74.56	80.75	87.05	101.2	119.3
<b>74</b>	47.81	51.04	52.65	57.25	59.80	62.95	68.72	75.65	81.92	88.29	102.7	120.9
<b>75</b>	48.62	51.88	53.51	58.15	60.73	63.90	69.74	76.74	83.08	89.53	104.1	122.6
<b>76</b>	49.43	52.72	54.37	59.05	61.65	64.86	70.75	77.83	84.25	90.78	105.5	124.3
<b>77</b>	50.24	53.56	55.23	59.96	62.58	65.81	71.77	78.93	85.41	92.02	106.9	125.9
<b>78</b>	51.05	54.41	56.09	60.86	63.51	66.77	72.79	80.02	86.58	93.26	108.4	127.6
<b>79</b>	51.87	55.25	56.95	61.76	64.43	67.73	73.80	81.11	87.74	94.51	109.8	129.3
<b>80</b>	52.69	56.10	57.81	62.67	65.36	68.69	74.82	82.20	88.91	95.75	111.2	130.9
<b>81</b>	53.51	56.95	58.67	63.57	66.29	69.65	75.84	83.30	90.08	96.99	112.6	132.6
<b>82</b>	54.33	57.80	59.54	64.48	67.22	70.61	76.86	84.39	91.24	98.24	114.1	134.3
<b>83</b>	55.15	58.65	60.40	65.39	68.15	71.57	77.87	85.48	92.41	99.48	115.5	135.9
<b>84</b>	55.97	59.50	61.27	66.29	69.08	72.53	78.89	86.58	93.58	100.7	116.9	137.6
<b>85</b>	56.79	60.35	62.14	67.20	70.02	73.49	79.91	87.67	94.74	102.0	118.3	139.3
<b>86</b>	57.62	61.21	63.00	68.11	70.95	74.45	80.93	88.77	95.91	103.2	119.8	140.9
<b>87</b>	58.44	62.06	63.87	69.02	71.88	75.42	81.95	89.86	97.08	104.5	121.2	142.6
<b>88</b>	59.27	62.92	64.74	69.93	72.82	76.38	82.97	90.96	98.25	105.7	122.6	144.3
<b>89</b>	60.10	63.77	65.61	70.84	73.75	77.34	83.99	92.05	99.41	107.0	124.0	145.9
<b>90</b>	60.92	64.63	66.48	71.76	74.68	78.31	85.01	93.15	100.6	108.2	125.5	147.6

<b>91</b>	61.75	65.49	67.36	72.67	75.62	79.27	86.04	94.24	101.8	109.4	126.9	149.3
<b>92</b>	62.58	66.35	68.23	73.58	76.56	80.24	87.06	95.34	102.9	110.7	128.3	150.9
<b>93</b>	63.42	67.21	69.10	74.50	77.49	81.20	88.08	96.43	104.1	111.9	129.8	152.6
<b>94</b>	64.25	68.07	69.98	75.41	78.43	82.17	89.10	97.53	105.3	113.2	131.2	154.3
<b>95</b>	65.08	68.93	70.85	76.33	79.37	83.13	90.12	98.63	106.4	114.4	132.6	155.9
<b>96</b>	65.92	69.79	71.73	77.24	80.31	84.10	91.15	99.72	107.6	115.7	134.0	157.6
<b>97</b>	66.75	70.65	72.61	78.16	81.25	85.07	92.17	100.8	108.8	116.9	135.5	159.3
<b>98</b>	67.59	71.52	73.48	79.07	82.18	86.04	93.19	101.9	109.9	118.2	136.9	160.9
<b>99</b>	68.43	72.38	74.36	79.99	83.12	87.00	94.22	103.0	111.1	119.4	138.3	162.6
<b>100</b>	69.27	7~.25	75.24	80.91	84.06	87.97	95.24	104.1	112.3	120.6	139.7	164.3

N is the number of servers. The numerical column headings indicate blocking probability B in %. Table generated by Dan Dexter

# **APÉNDICE C**

## **CÁLCULOS DE PROPAGACIÓN**

	<b>Cerro Pilizurco</b>	<b>Cerro Pichincha</b>
Elevación (m)	4153.00	3870.00
Latitud	01 09 04.00 S	00 09 48.00 S
Longitud	078 39 58.00 W	078 31 30.00 W
Azimuth Real (°)	6.68	186.68
Ángulo Vertical (°)	-0.25	-0.48
Modelo de Antena	HP10-77	HP10-77
Altura de Antena (m)	52.00	52.00
Ganancia de Antena (dBi)	45.20	45.20
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Modelo de Antena	HP8-77	HP8-77
Altura de Antena (m)	40.00	40.00
Ganancia de Antena (dBi)	43.30	43.30
Pérdida de Línea Tx (dB)	2.00	2.00
Frecuencia (MHz)	7725.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	110.75	
Pérdidas de espacio libre (dB)	150.93	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	1.11	
Margende Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas de la red principal (dB)	64.34	64.34
Pérdidas de la red diversas (dB)	67.64	67.64
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	68.10	68.10
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-40.34	-40.34
Señal Rx Diversa (dBm)	-43.64	-43.64
Margen de atenuación térmica (dB)	29.66	29.66
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1	1
Margen de atenuación efectivo (dB)	29.62	29.62
Factor Geoclimático	5.60E-0.6	
Ángulo $\theta$ (mr)	12.32	
Ángulo de la trayectoria (mr)	2.04	
Temperatura promedio anual (°C)	10.00	
Factor de mejoramiento SD	5.30	5.30
Multiruta del peor mes (%)	99.99942	99.99942
(seg)	15.23	15.23
Multi-ruta anual (%)	99.99986	99.99986
(seg)	45.70	45.70
(% - seg)	99.99971 – 91.39	99.99971 – 91.39
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	95.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	29.66	
Tasa de lluvias (mm/hr)	212.86	
Atenuación por lluvias (dB)	29.66	
Lluvia anual (%-seg)	99.99959 – 127.88	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99930 – 219.28	

	<b>Quito</b>	<b>Cerro Pichincha</b>
Elevación (m)	2820	3870.00
Latitud	00 09 04.00 S	00 09 48.00 S
Longitud	078 29 20.00 W	078 31 30.00 W
Azimuth Real (°)	259.58	79.58
Ángulo Vertical (°)	9.70	-9.75
Modelo de Antena	VHP2-77	VHP2-77
Altura de Antena (m)	10.00	10.00
Ganancia de Antena (dBi)	30.80	30.80
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Otras Pérdidas Tx (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	8250.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	4.23	
Pérdidas de espacio libre (dB)	127.44	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	0.07	
Margende Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas del trayecto de la red (dB)	64.35	64.34
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	54.30	54.30
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-44.41	-44.41
Margen de atenuación térmica (dB)	25.59	25.59
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	25.57	25.57
Factor Geoclimático	2.23E-05	
Ángulo $\theta$ (mr)	172.61	
Ángulo de la trayectoria (mr)	169.74	
Temperatura promedio anual (°C)	10.00	
Multiruta del peor mes (%)	100.00000	100.00000
(seg)	4.66e-05	4.66e-05
Multi-ruta anual (%)	100.00000	100.00000
(seg)	1.40e-04	1.40e-04
(% - seg)	100.00000 - 0.00	100.00000 - 0.00
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	95.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	25.59	
Tasa de lluvias (mm/hr)	278.72	
Atenuación por lluvias (dB)	25.59	
Lluvia anual (%-seg)	99.99993 - 20.95	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99993 - 20.95	

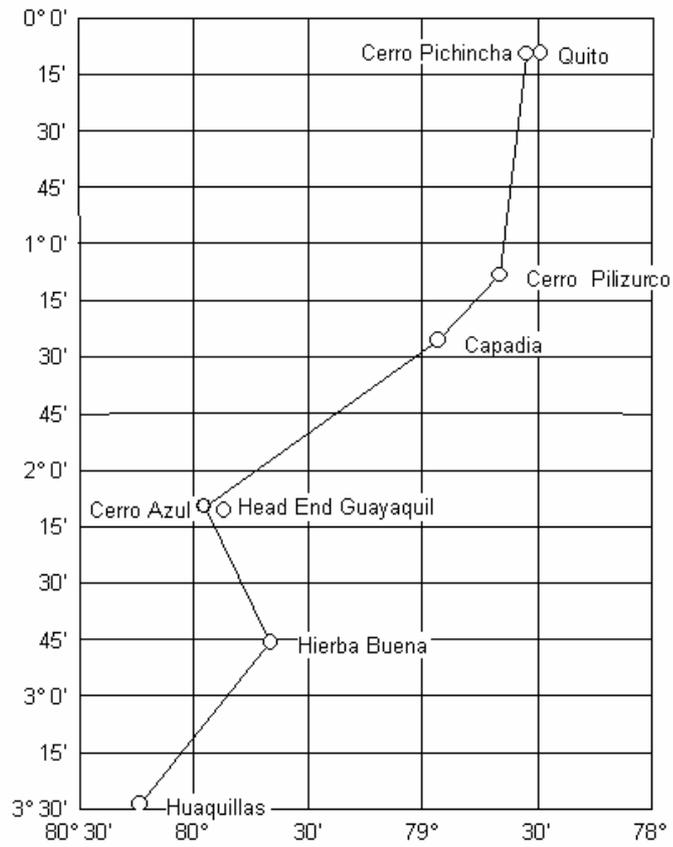
	<b>Cerro Capadia</b>	<b>Cerro Pilizurco</b>
Elevación (m)	4365.00	4153.00
Latitud	01 25 43.00 S	01 09 04.00 S
Longitud	078 56 11.00 W	078 39 58.00 W
Azimuth Real (°)	43.31	223.30
Ángulo Vertical (°)	-0.83	0.53
Modelo de Antena	HP6-77	HP6-77
Altura de Antena (m)	59.00	17.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.80	40.80
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.00	0.00
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Pérdidas del Filtro Rx (dB)	1.50	1.50
Frecuencia (MHz)	8025.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	43.00	
Pérdidas de espacio libre (dB)	143.51	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	0.47	
Margende Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas del trayecto de la red (dB)	65.38	65.38
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	64.30	64.30
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx (dBm)	-41.38	-41.38
Margen de atenuación térmica (dB)	28.62	28.62
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	28.58	28.58
Factor Geoclimático	5.60E-0.6	
Ángulo $\theta$ (mr)	11.36	
Ángulo de la trayectoria (mr)	11.93	
Temperatura promedio anual (°C)	10.00	
Multiruta del peor mes (%)	99.99995	99.99995
(seg)	1.26	1.26
Multi-ruta anual (%)	99.99999	99.99999
(seg)	3.77	3.77
(% - seg)	99.99998 – 7.54	99.99998 – 7.54
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	95.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	29.66	
Tasa de lluvias (mm/hr)	212.86	
Atenuación por lluvias (dB)	29.66	
Lluvia anual (%-seg)	99.99959 – 127.88	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99930 – 219.28	

	<b>Cerro Azul</b>	<b>Cerro Capadia</b>
Elevación (m)	320.00	4365.00
Latitud	02 09 54.00 S	01 25 43.00 S
Longitud	079 57 05.00 W	078 56 11.00 W
Azimuth Real (°)	54.38	234.35
Ángulo Vertical (°)	1.22	-2.16
Modelo de Antena	HP15-77	HP15-77
Altura de Antena (m)	52.00	52.00
Ganancia de Antena (dBi)	48.50	48.50
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Pérdidas del filtro Tx (dB)	0.50	0.50
Modelo de Antena	HP15-77	HP15-77
Altura de Antena (m)	52.00	52.00
Ganancia de Antena (dBi)	48.50	48.50
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Frecuencia (MHz)	8025.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	139.29	
Pérdidas de espacio libre (dB)	153.43	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	1.48	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas de la red principal (dB)	60.61	60.61
Pérdidas de la red diversas (dB)	62.01	62.01
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	71.40	71.40
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-36.61	-36.61
Señal Rx Diversa (dBm)	-38.01	-38.01
Margen de atenuación térmica (dB)	33.39	33.39
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	33.30	33.30
Factor Geoclimático	5.60E-06	
Ángulo $\theta$ (mr)	18.24	
Ángulo de la trayectoria (mr)	29.47	
Temperatura promedio anual (°C)	20.00	
Factor de mejoramiento SD	15.29	15.29
Multiruta del peor mes (%)	99.99999	99.99999
(seg)	0.27	0.27
Multi-ruta anual (%)	100.00000	100.00000
(seg)	1.08	1.08
(% - seg)	99.99999 – 2.17	99.99999 – 2.17
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	145.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	33.39	
Tasa de lluvias (mm/hr)	213.00	
Atenuación por lluvias (dB)	33.39	
Lluvia anual (%-seg)	99.99775 – 711.00	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99774 – 713.17	

	<b>Cerro Azul</b>	<b>Hierba Buena</b>
Elevación (m)	320.00	3668.00
Latitud	02 09 54.00 S	02 44 28.00 S
Longitud	78 57 05.00 W	079 26 17.00 W
Azimuth Real (°)	154.15	334.14
Ángulo Vertical (°)	2.12	-2.61
Modelo de Antena	HP10-77	HP10-77
Altura de Antena (m)	17.00	17.00
Ganancia de Antena (dBi)	45.20	45.20
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Modelo de Antena	HP8-77	HP8-77
Altura de Antena (m)	5.00	5.00
Ganancia de Antena (dBi)	43.30	43.30
Pérdida de Línea Tx (dB)	2.00	2.00
Frecuencia (MHz)	8025.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	85.85	
Pérdidas de espacio libre (dB)	147.92	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	0.78	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas de la red principal (dB)	61.0	61.00
Pérdidas de la red diversas (dB)	64.30	64.30
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	68.10	68.10
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-37.00	-37.00
Señal Rx Diversa (dBm)	-40.30	-40.30
Margen de atenuación térmica (dB)	33.00	33.00
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	32.91	32.91
Factor Geoclimático	223E-05	
Ángulo $\theta$ (mr)	40.50	
Ángulo de la trayectoria (mr)	41.28	
Temperatura promedio anual (°C)	20.00	
Factor de mejoramiento SD	17.08	17.08
Multiruta del peor mes (%)	100.00000	100.00000
(seg)	0.03	0.03
Multi-ruta anual (%)	100.00000	100.00000
(seg)	0.14	0.14
(% - seg)	100.00000 – 0.28	100.00000 – 0.28
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	145.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	33.00	
Tasa de lluvias (mm/hr)	217.92	
Atenuación por lluvias (dB)	33.00	
Lluvia anual (%-seg)	99.99798 – 638.15	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99798 – 368.43	

	<b>Huaquillas</b>	<b>Hierba Buena</b>
Elevación (m)	15.00	3668.00
Latitud	03 28 39.00 S	02 44 28.00 S
Longitud	080 13 47.00 W	079 26 17.00 W
Azimuth Real (°)	38.83	218.80
Ángulo Vertical (°)	1.45	-2.14
Modelo de Antena	HP12-77	HP12-77
Altura de Antena (m)	17.00	17.00
Ganancia de Antena (dBi)	46.70	46.20
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Modelo de Antena	HP12-77	HP12-77
Altura de Antena (m)	17.00	17.00
Ganancia de Antena (dBi)	46.70	46.70
Pérdida de Línea Tx (dB)	0.60	0.60
Frecuencia (MHz)	8025.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	120.01	
Pérdidas de espacio libre (dB)	150.70	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	1.08	
Margen de Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas de la red principal (dB)	61.07	61.07
Pérdidas de la red diversas (dB)	62.47	62.47
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	69.60	69.60
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-37.07	-37.07
Señal Rx Diversa (dBm)	-38.47	-38.47
Margen de atenuación térmica (dB)	32.93	32.93
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	32.84	32.84
Factor Geoclimático	223E-05	
Ángulo $\theta$ (mr)	25.08	
Ángulo de la trayectoria (mr)	31.32	
Temperatura promedio anual (°C)	10.00	
Factor de mejoramiento SD	18.93	18.93
Multiruta del peor mes (%)	99.99999	99.99999
(seg)	0.21	0.21
Multi-ruta anual (%)	100.00000	100.00000
(seg)	0.64	0.64
(% - seg)	100.00000 – 1.29	100.00000 – 1.29
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	145.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	32.93	
Tasa de lluvias (mm/hr)	213.79	
Atenuación por lluvias (dB)	32.93	
Lluvia anual (%-seg)	99.99778 – 698.72	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99778 – 700.01	

	<b>TV Cable Guayaquil</b>	<b>Cerro Azul</b>
Elevación (m)	18.00	320.00
Latitud	02 08 13.00 S	02 09 54.00 S
Longitud	079 55 31.00 W	079 57 05.00 W
Azimuth Real (°)	228.43	48.43
Ángulo Vertical (°)	0.90	-0.93
Modelo de Antena	VHP2-77	VHP2-77
Altura de Antena (m)	18.00	18.00
Ganancia de Antena (dBi)	30.80	30.80
Otras Pérdidas Tx (dB)	0.50	0.50
Otras Pérdidas Tx (dB)	1.00	1.00
Frecuencia (MHz)	8250.00	
Polarización	Vertical	
Distancia (Km)	4.25	
Pérdidas de espacio libre (dB)	123.05	
Pérdidas por absorción atmosférica (dB)	0.04	
Margende Campo (dB)	1.00	
Pérdidas por difracción (dB)	0.00	
Pérdidas del trayecto de la red (dB)	63.99	63.99
Modelo de Radio	7ALT STM-1	7ALT STM-1
Potencia Tx (W)	0.25	0.25
Potencia Tx (dBm)	24.00	24.00
PIRE (dBm)	54.30	54.30
Asignación de Emisiones	28MOD7W	28MOD7W
Criterio de treshold Rx	BER 10 <sup>-6</sup>	BER 10 <sup>-6</sup>
Nivel del treshold Rx (dBm)	-70.00	-70.00
Señal Rx Principal (dBm)	-39.99	-39.99
Margen de atenuación térmica (dB)	30.01	30.01
Margen de atenuación dispersiva (dB)	50.00	50.00
Factor de ocurrencia de atenuación dispersiva	1.00	1.00
Margen de atenuación efectivo (dB)	29.96	29.96
Factor Geoclimático	2.23E-05	
Ángulo $\theta$ (mr)	6.13	
Ángulo de la trayectoria (mr)	16.03	
Temperatura promedio anual (°C)	10.00	
Multiruta del peor mes (%)	100.00000	100.00000
(seg)	2.37e-03	2.37e-03
Multi-ruta anual (%)	100.00000	100.00000
(seg)	7.11e-03	7.11e-03
(% - seg)	100.00000 - 0.00	100.00000 - 0.00
Región de Lluvia	ITU Región N	
0.01% tasa de lluvias (mm/hr)	145.00	
Margen de atenuación por lluvias (dB)	30.01	
Tasa de lluvias (mm/hr)	372.74	
Atenuación por lluvias (dB)	30.01	
Lluvia anual (%-seg)	99.99993 - 21.26	
Multiruta anual + lluvias (%.seg)	99.99993 - 21.28	



## BIBLIOGRAFÍA

1. IEC Web ProForum Tutorials, “Access Gateways” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
2. IEC Web ProForum Tutorials, “Hybrid/Fiber Coax (HFC) and Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) Networks” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
3. DIMANT NOAM, “IP Telephony over CaTV”, Commatch Application Note, Septiembre 2000
4. CableLabs “PacketCable Network-Based Call Signaling Protocol Specification” , PKT-SP-EC-MGCP-I07-030415, Abril 2003
5. CableLabs “PacketCable™ NCS Basic Packages Technical Report” PKT-TR-MGCP-PKG-V01-020315, Marzo 2002

6. Illuminet, “*Signaling System 7 (SS7)*” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
7. ePanorama.net, “*Telecommunications access technologies page*”  
[http://www.epanorama.net/links/tele\\_access.html](http://www.epanorama.net/links/tele_access.html)
8. MacRae Myles, “*Telephone Networks*” Tesis de Grado, Imperial College of Science Technology and Medicine, Febrero 2000
9. IEC Web ProForum Tutorials, “*The coming of True Convergence: Why Service Providers can finally turn out the lights on the Old Public Switched Telephone Network (PSTN)*” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
10. Texas Instruments, “*Carrier-Class, High Density Voice over Packet (VoP) Gateways*” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
11. IEC Web ProForum Tutorials, “*Wireless Local Loop*” International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
12. NOERPEL ANTHONY, LIN YI-BING “*Wireless Local Loop: Architecture, Technologies and Services*” IEEE Personal Communications, Junio 1998

13. Huawei Technologies “*Propuesta Técnica: Switches para WLL*”  
Documentación técnica del switch C&C08, Noviembre 2002
14. ADC Telecommunications, “*Hybrid Fiber Coaxial (HFC) Telephony*”  
International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
15. IEC Web ProForum Tutorials, “*Cable Modems*” International Engineering  
Consortium, <http://www.iec.org>
16. Innowave “*eMGW*”, Documentación técnica del sistema eMGW para WLL,  
Diciembre 2002
17. IEC Web ProForum Tutorials, “*Voice over Internet Protocol (VoIP)*”  
International Engineering Consortium, <http://www.iec.org>
18. Texas Instruments, “*Access Gateways*” International Engineering  
Consortium, <http://www.iec.org>
19. Motorola “*BSR 64000 Specification*” Documentación técnica CMTS,  
[http://broadband.motorola.com/catalog/product\\_documents/BSR%2064000.pdf](http://broadband.motorola.com/catalog/product_documents/BSR%2064000.pdf)

20. IEEE Std. 1100-1999 "*Prácticas Recomendadas para Alimentar y Aterrizar Equipo Electrónico*", Mayo 1999

21. CRIEEL, "*Normas de Acometidas, Cuartos de Transformadores y Sistemas de medición para el Suministro de Electricidad (NATSIM)*"