

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED TRIPLE PLAY PARA LIMA
(CATV, TELEFONÍA E INTERNET)**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:
LUÍS AQUILINO PAREDES TORRES**

**PROMOCIÓN
2005-I**

**LIMA-PERÚ
2009**

**DISEÑO DE UNA RED TRIPLE PLAY PARA LIMA
(CATV, TELEFONÍA E INTERNET)**

**El presente Informe lo dedico a mis Padres
Teófilo y Yolanda
por su motivación constante y su apoyo incondicional
a lo largo de mi carrera profesional.
A mi hermana Lilian
por sus palabras de aliento
para el logro de mis objetivos profesionales**

SUMARIO

En el presente trabajo se describe el diseño de una red triple play que puede emplearse para Lima Metropolitana. Triple Play quiere decir, que por una misma red de acceso se va a brindar tres servicios de telecomunicaciones: telefonía, Internet y cable.

La red triple play se diseña y desarrolla sobre la tecnología Híbrida de Fibra y Coaxial denominada HFC. La red HFC recién está siendo implementada en el Perú, así como en los países de Sudamérica, lo que significa un gran adelanto tecnológico en el desarrollo de las telecomunicaciones en nuestro país.

El desarrollo tecnológico de la Red Triple Play, consiguió integrar y hacer converger la telefonía, el Internet y el CATV (TV por cable), mediante los protocolos de comunicación de las redes IP (protocolo de Internet) y otros protocolos auxiliares.

Con la digitalización de los medios antes mencionados, se ha conseguido transmitir las señales por un mismo canal. La digitalización se refiere a que la Voz, Internet y CATV son convertidos en paquetes que pueden ser fácilmente identificados por los equipos de transmisión y recepción (modems), en los cuales cada paquete cuenta con la prioridad y la calidad de servicio de transmisión que la señal requiere, evitando la pérdida parcial o total del mismo.

Debido al crecimiento tecnológico en nuestro país, se busca cada vez nuevas tecnologías para brindar un mejor servicio al usuario final con nuevas promociones y a bajo costo; esto conlleva a converger los tres servicios telefonía, Internet y CATV a través de un mismo medio de transmisión.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Objetivos del trabajo.....	3
1.3. Evaluación del problema.....	3
1.3.1 Internet.....	4
1.3.2 Cable.....	4
1.3.3 Telefonía.....	4
1.4 Alcance del trabajo.....	5
1.5 Síntesis del trabajo.....	5
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	8
2.1 Antecedentes.....	8
2.2 Red Triple Play.....	9
2.3 El paso de analógico a digital.....	9
2.4 HFC (Híbrido Fibra Coaxial).....	10
2.5 Headend o Cabecera (procesamiento de la señal).....	11
2.5.1 Etapa de recepción.....	12
2.5.2 Procesamiento de la señal.....	14
2.5.3 CableLabs.....	20
2.5.4 DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).....	20
2.5.5 Telefonía en la red HFC.....	20
2.6 La red troncal (Transporte).....	30
2.6.1 Arquitectura de transporte.....	31
2.6.2 Hubs.....	33
2.7 La red de distribución.....	35
2.7.1 Elementos activos.....	36
2.7.2 Elementos activos.....	40
2.7.3 Red de abonado.....	44
CAPÍTULO III	

INGENIERÍA DEL PROYECTO	46
3.1 Diseño de la cabecera.....	46
3.1.1 Diseño de la etapa de recepción	46
3.1.2 Interconexión de la cabecera.....	47
3.1.3 Diseño de la antena satelital	48
3.1.4 Canales HD.....	50
3.1.5 Diseño de la recepción de canales locales	50
3.2 Interconexión de equipos de la cabecera	50
3.2.1 Encoders	51
3.2.2 Multiplexor	51
3.2.3 Frecuencias de la red HFC.....	52
3.2.4 Sistema de control de acceso.....	52
3.2.5 DAC (Controlador de Acceso Digital)	52
3.3 Diseño de la red troncal (Transporte)	54
3.4 Implementación en el hub	55
3.4.1 Modulador SEM (Smart Stream Encryptor/Modulator).....	55
3.4.2 Servidor remoto de video RADD6000.....	56
3.4.3 Emisor de señales de video OM-2000.....	56
3.4.4 Demodulador de retorno (ARPD)	56
3.4.5 Transmisores y Receptores Ópticos.....	57
3.5 Diseño de la puerta de enlace de RF (CMTS)	59
3.5.1 Tráfico de bajada (Downstream DS).....	60
3.5.2 Tráfico de subida (Upstream US)	60
3.5.3 Conectividad	60
3.5.4 Interfaces Gigabit	62
3.5.5 Direccionamiento.....	62
3.5.6 Calidad de servicio (QoS).....	62
3.6 Diseño del enrutador de llamadas	62
3.6.1 Enrutador de llamadas SAFARI C3	63
3.6.2 Interconexión.....	64
3.7 Diseño de la red de distribución	64
3.7.1 Empalme de la línea principal de fibra óptica	64
3.7.2 Ubicación del nodo.....	65
3.7.3 Software de ingeniería del diseño	66
3.8 Marco legal.....	66

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	67
4.1 Estimación de costos	67
4.2 Cronograma	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
ANEXO A	
CANALES A RECEPCIONAR.....	72
ANEXO B	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	77
BIBLIOGRAFÍA.....	83

INTRODUCCIÓN

La necesidad del público en general de recibir mejores servicios de telecomunicaciones que incluyen mas velocidad de datos en Internet, mejor calidad de video y nuevas promociones en telefonía, conlleva a los proveedores a buscar nuevas tecnologías que puedan suplir las necesidades de los clientes y que esté acorde con las condiciones económicas que pueden pagar, por dicha prestación de servicios.

El reto de los proveedores en estos últimos tiempos era el de converger los tres servicios, telefonía, Internet y cable a través de un mismo medio, de tal manera que el proveedor ya no tendría la necesidad de realizar gastos de cableado para cada uno de estos servicios. Una de la tecnologías que cumple con estos requerimientos, con gran velocidad, que ya están aplicando en países desarrollados es hacer llegar fibra óptica hasta el domicilio de los usuarios, pero el costo de este servicio impediría su llegada al público en general en nuestro país, sólo ciertas personas e instituciones con un alto ingreso económico, lo emplean en nuestro medio.

Debido a estas limitaciones económicas se eligió la tecnología HFC (Hybrid Fiber Coaxial), fibra hasta el nodo, y del nodo al usuario final cable coaxial, que hoy en día las empresas de telecomunicaciones lo están empleando en toda Sudamérica

Lo más importante de la implementación HFC (Hybrid Fiber-Coaxial) es el cambio del cableado coaxial por fibra óptica, que permite brindar mejor servicio a largas distancias. El presente informe hará énfasis en el tramo coaxial.

La tecnología HFC es una red de acceso para telefonía, televisión por cable e Internet, pues ofrece mayores y mejores servicios, ya que brinda mejor ancho de banda y también permite entregar servicios de forma completa a través de un único medio de acceso.

Existe en el medio diversas tecnologías tales como el ADSL (línea de suscripción digital asimétrica), para servicio de Internet y telefonía, la tecnología de cable coaxial para servicio de cable e Internet, la tecnología de señal satelital para servicio sólo de cable establecido en nuestro medio por diversos proveedores.

Desde el 2008 se está implementando esta nueva tecnología en America del Sur y en México, como una nueva opción para los proveedores de servicios, que no sólo es brindar Internet, telefonía y cable, sino que les permite brindar servicios adicionales como VOD (Video bajo Demanda), PPV (Pago por ver), etc.

La red HFC es una tecnología sólida y esta en continuo crecimiento, desarrollando nuevas capacidades, mayores capacidades de acceso y que hace que este completamente integrada; hoy en día diferentes proveedores brindan servicios de Triple Play (Cable, telefonía e Internet) en el futuro se piensa integrar la telefonía móvil, esto se denominaría Cuádruple Play.

Triple Play es una red de fibra óptica y cable coaxial, la interrogante es ¿por qué que no se construye todo con fibra óptica ya que brinda un mejor ancho de banda, más inmune a los ruidos y menor atenuación con respecto al cable coaxial?, la razón es simple: las instalaciones de fibras son caras en los puntos finales que con el coaxial, las fuentes ópticas y receptores que envían y reciben las señales en la red fibra óptica aumentan enormemente los costos Si bien es cierto que la fibra puede ser económicamente efectiva para largas comunicaciones punto a punto, el coaxial es más barato cuando hay muchos ramales y conexiones en la red, es por ese motivo que la red de acceso al cliente se construye con cable coaxial.

El presente informe es desarrollado gracias a la experiencia adquirida durante el primer año laborando en la empresa Telmex, principal empresa que proporciona este servicio.

El presente trabajo está dividido en cuatro capítulos. En el primer capítulo "Planteamiento de Ingeniería del Problema" se describe el problema de, se exponen los objetivos, se evalúa el problema, se exponen los alcances del trabajo y se hace una síntesis del mismo. En el segundo capítulo "Marco Teórico Conceptual" se exponen las bases teóricas del sistema, en el tercer capítulo "Ingeniería del Proyecto" se explican los pasos a seguir para el diseño e implementación de la solución propuesta, en el cuarto capítulo "Análisis y presentación de resultados" se describe el presupuesto y el tiempo de ejecución del proyecto.

Por último, se presentan las conclusiones obtenidas durante el diseño, desarrollo y realización de la solución. Complementariamente se hacen algunas recomendaciones que deben tenerse en cuenta para futuros implementaciones.

Agradezco a la empresa Telmex por brindarme las facilidades y la autorización para poder concretar en el presente informe de suficiencia mi conocimiento y experiencia.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe el problema, se expone los objetivos del trabajo, se evalúa el problema, se explican los alcances del informe y se hace una síntesis del mismo

1.1 Descripción del Problema

El problema de ingeniería son los excesivos costos y la limitada cobertura de los servicios de TV, telefonía e Internet que son ofrecidos al público usuario por separado y brindado haciendo uso de diferentes redes de infraestructura.

1.2 Objetivos del trabajo

Diseñar e implementar la convergencia de los tres servicios (telefonía, Internet y cable) a través de un mismo medio de transmisión en Lima (Triple Play), ampliando de esa manera la cobertura de los servicios y a su vez la reducción del costo para el público usuario.

1.3 Evaluación del problema

En la actualidad hay diversas empresas que brindan servicios de Internet, cable y telefonía en forma separada, utilizando diversas tecnologías como el ADSL que brinda Internet y telefonía. Si el proveedor también desea brindar cable tendría que realizar su propia infraestructura que sería un gasto adicional que la empresa tendría que realizar para poder brindarle el servicio a sus abonados.

Otros proveedores brindan sólo televisión por cable, o televisión satelital donde sólo se accede a la señal de televisión pero no al servicio de Internet ni al de telefonía. Esto se debe a que no está presente una señal de retorno, por esa razón el abonado, para poder realizar sus compras u otros servicios, tendría que usar otro medio de comunicación lo cual hace cada vez menos ventajosa este tipo de tecnologías. Hoy con la era digital se están brindando servicios adicionales como PPV y VOD.

El objetivo, viendo el mercado de Telecomunicaciones, era buscar una tecnología con los últimos avances que permita converger estos tres servicios a un precio económico que esté al alcance del público en general.

En la actualidad existe la tecnología de la fibra óptica con línea dedicada hacia el domicilio que es brindado por las Empresas Telmex y Telefónica. El costo de este

servicio es de 5000 a 10000 dólares americanos mensuales, lo cual no se encuentra al alcance del público en general y al que sólo personas o empresa con altos ingresos económicos podrían contar con este servicio, por este hecho es necesario buscar una tecnología que baje este costo para que el servicio sea accesible a personas o empresas con bajos ingresos económicos.

1.3.1 Internet

Hoy en día el acceso a Internet se ha hecho algo indispensable, no solo para buscar información, sino realizar pagos, ver cuentas de bancos, para ver noticias, ver películas, descargar software, etc. Esto exige a las empresas prestadoras de servicios a brindar cada vez más ancho de banda. La tecnología ADSL no podría suplir estas necesidades de los clientes. Lo ideal sería brindar fibra óptica con línea dedicada hacia los usuarios, como lo hacen los países desarrollados. En la actualidad el costo para brindar fibra óptica es excesivo para la mayoría de usuarios, por ello las empresas prestadoras de este servicio no van a implementar una infraestructura para el público en general. Hoy éste servicio se brinda pero sólo a empresas, universidades, Bancos, etc. que pueden realizar el pago por dicho servicio.

1.3.2 Cable

El usuario se adapta a lo moderno como tal exige cada vez mejoras en la prestación de servicio de cable, si bien en la década pasada lo nuevo era brindar cable analógico, el cliente podía ver no sólo los canales locales sino de otros países. De ahí se pasó a lo digital donde no solo se podía brindar más canales sino que además se le podía añadir una guía interactiva, servicios adicionales como PPV, VOD, etc. Como se puede ver, la tecnología va cambiando y por lo cual las empresas se ven obligadas a tener una infraestructura que pueda realizar estos cambios. Hoy en día existe un mercado competitivo. Las empresas prestadoras de cable deben satisfacer las necesidades de sus abonados para lograr su fidelización (público que permanece fiel a la compra de un producto o de una marca concreta, de una forma continua o periódica).

1.3.3 Telefonía

Los proveedores buscan siempre brindar nuevas promociones con el fin de que el cliente pueda realizar más cantidad de llamadas a un costo económico, lo cual requiere un tráfico fluido utilizando más ancho de banda, este incremento de flujo de llamadas no debe incrementar el costo al proveedor, para ello los proveedores deben utilizar tecnologías que estén acordes a estos cambios para la satisfacción de los usuarios. Las tecnologías que existen en el medio de telefonía tienen un límite al satisfacer las necesidades del cliente, un ejemplo es la tecnología de telefonía IP que satisface las exigencias de los usuarios, donde el costo para el proveedor es muy económico en

comparación con el uso de una infraestructura dedicada para la telefonía.

1.4 Alcance del trabajo

La importancia del presente informe esta en la utilización adecuada de la tecnología para la convergencia de los tres servicios, el nivel de conocimiento y capacitación que se requiere para lograr los objetivos que se mencionaron y las dificultades de carácter tecnológico que esto implica.

La implementación de esta red triple play en Lima metropolitana ofrece ventajas tales cómo la integración de servicios, la personalización y flexibilidad de las funcionalidades de los servicios a los usuarios y la consiguiente reducción de las tarifas, entre otras.

Las oportunidades más representativas para los proveedores al ofrecer Triple play se basan en la posibilidad de ofrecer servicios de telefonía, Internet y TV a través de un solo paquete a los consumidores. Asimismo, muchas de ellas podrán asociarse con empresas móviles para ofrecer el “quad-play” que añade la integración de la movilidad al paquete de servicio.

En el caso de las empresas de cable, los consumidores podrán encender su televisor o PC y al mismo tiempo acceder a Internet, teléfono, video y otros servicios avanzados, a través de la red de cable.

Ante la variedad de proveedores, el cliente podrá comprar del mismo proveedor todos los servicios o quizá comprar el servicio de empresas diferentes, lo que dependerá de los beneficios y del precio de comercialización.

La oferta de Triple play trae ventajas para todas las partes, en el caso de los consumidores, a éstos se les facilitará la vida, porque un solo proveedor podrá brindarle todas los servicios y un buen precio, lo que le significará al proveedor menores costos de operación, de atención y de captura del cliente, entre otros.

1.5 Síntesis del trabajo

En el informe se explica cómo se elabora un diseño de la red HFC para brindar servicio de Internet a un ancho de banda de 1, 2, 4 y 8 Mbps de telefonía para realizar llamadas a cualquier destino, y de televisión digital que incluye servicios adicionales tales como PPV, VOD y otros.

.En la red HFC, el nodo óptico se ubicó en un lugar óptimo para la transmisión y recepción. Se utilizaron amplificadores de dos, tres y cuatro salidas, acopladores atenuadores y diferentes tipos de tap (ver sección 2.7, elementos activos y elementos pasivos”). El diseño de la red HFC dentro del plano delimitado es teniendo en cuenta los niveles adecuados de bajada/recepción y subida/envío de datos (downstream y upstream) para un óptimo servicio.

El diseño establece la ubicación del cable coaxial, el nodo óptico, los amplificadores, y taps que alimentan a los usuarios, garantizando los niveles de RF (radiofrecuencia) correctos para brindar múltiples servicios como TV analógica, digital, voz y datos, garantizando una alta calidad y continuidad en el servicio.

Una vez delimitado cada plano por nodo, se ubica el hub (concentrador) por distrito y se plantea el anillo primario y el redundante, el recorrido del anillo para que abarque todos los nodos que sale desde el hub y cierra el anillo en el mismo hub.

Se establecen los parámetros básicos de pruebas de aceptación de los enlaces ópticos que convergen en la red HFC. Todas estas pruebas deben cumplir con las normas y recomendaciones G.650.1, G650.2 y sus modificaciones.

De igual manera, todas las pruebas deben de ser realizadas con equipos de medida como OTDR (Optical Time Domain Reflectometer, instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica.) y con el certificado de calibración vigente por un periodo no superior a un año.

La arquitectura se diseña con DOCSIS 2.0 (Data Over Cable Service Interface Specification)

- El diseño para Downstream (DS)
 - o Selección de Modulación: 256 QAM, 6Mhz,
 - o Selección de Frecuencias (Narrowcasting): Canal 81 (567 MHz) - Canales 82, 83, 84 reservados para DOCSIS 3.0 (channel bonding).
 - o Definición de Potencia: Recomendado 55 dBmV + atenuador externo fijo (instalado en el combinador)..
- El diseño para Upstream (US)
 - o Selección de Modulación: 64 QAM, 6.4 MHz
 - o Selección de Frecuencias: Frecuencias Centrales: 36.8 / 30.4 / 24.0 / 17.6 MHz
 - o Definición de Potencia: Recomendado 14 dBmV a la entrada del CMTS (Cable Modem Termination System o Sistema de Terminación de Cablemódems).
 - o Definición de políticas de administración del espectro. Tras cambio de frecuencia, bajar a 16 QAM

En el diseño de cabecera para video se debe tener en consideración el tipo de antena que se va a utilizar para la recepción de canales locales y de otros proveedores internacionales, elegir el tipo de receptor a utilizar y configurar los parámetros adecuados para la recepción de los canales en banda base.

Se debe elegir el tipo de codificador a utilizar y sus respectivos parámetros de configuración. También se deben elegir los moduladores y multiplexores considerando que la modulación es de 256 QAM. La Figura 1.1 se muestra el esquema de la red HFC,

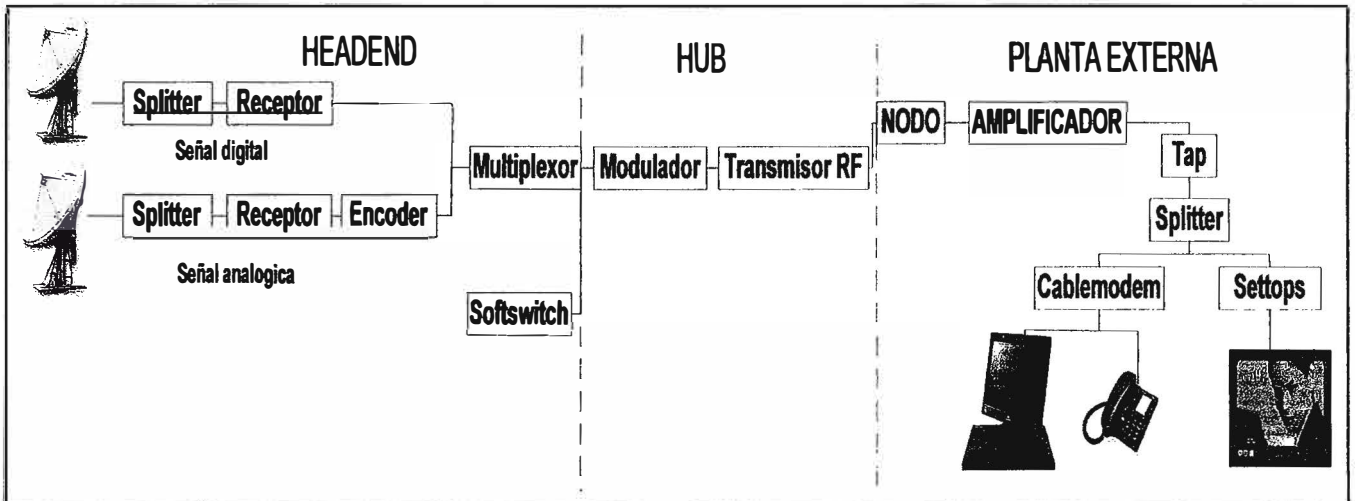


Figura 1.1 Esquema de la red HFC

Se va elegir que tipo y marca de cable módem se usará para nuestro diseño, incluyendo la versión de DOCSIS y esquemas de modulación.

Los hubs están compuestos por un CMTS y por el switch router que actúa como el PE de cada hub. Se hará énfasis en esta sección en la configuración que se aplicará a los CMTS y los detalles de interconexión de éste con el router PE.

DOCSIS 2.0 se emplea como medio de transporte, se diseña el tipo de Sistema de Aprovisionamiento. Los servidores proveen la configuración a los Cablemodems y CPEs (Customer Premises Equipment o Equipo Local del Cliente), Los servidores a usar son DHCP (Protocolo Configuración Dinámica de Servidor), TFTP (Protocolo de transferencia de archivos trivial), DNS(Sistema de Nombre de Dominio), ToD (Time of Day).

Se elige un softswitch con soporte PacketCable (ver sección 2.5.5 a y b) para asegurar la calidad del servicio en la red LAN, es necesario marcar los paquetes de voz y señalización MGCP con un ToS (Type of Service) en el cabecera de IP. Adicional a esto, hay que establecer políticas de prioridad en los equipos de datos, para que le den prioridad a los paquetes que sean identificados como voz o señalización MGCP.

Nota:

MGCP o Media Gateway Control Protocol, es un protocolo interno de VoIP cuya arquitectura se diferencia del resto de los protocolos VoIP por ser del tipo cliente.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen los antecedentes y las bases teóricas involucradas en el sistema propuesto.

2.1 Antecedentes

Para hablar de Triple play, es necesario tratar temas relacionados con telefonía fija cable coaxial e Internet.

Las redes híbridas Fibra Coaxial, se originan en los antiguos sistemas de televisión por cable (también llamados CATV), que aparecieron ya en 1948 para dar solución de cobertura a las zonas remotas o montañosas en donde la recepción era inviable; la solución era tan sencilla como montar antenas de recepción en lo alto de las colinas o montañas para llegar (vía cable) hasta las casas de los valles.

Los inicios se dieron en Estados Unidos en donde en 1950 este sistema ya tenía 14000 subscriptores y una década mas tarde se llegaba a los 850000 usuarios.

El cable fue la primera tecnología en ofrecer el hoy llamado "Triple Play", en los años 90, en EEUU, haciendo uso del enorme ancho de banda de las redes HFC (Híbrida Fibra Coaxial). Así, se ofrecían:

- **Vídeo.-** Sistema tradicional de difusión de televisión.
- **Voz.-** sistemas de telefonía integrada sobre portadoras de radiofrecuencia.
- **Datos.-** Acceso Internet: sistemas propietarios que evolucionaron sistemas compatibles con DOCSIS1.0

Por último, la evolución a medio plazo de la oferta "Triple Play" supone IP como tecnología unificadora:

- **Vídeo.-** Aparición de servicios HDTV (High Definition Televisión) que convivirán con los servicios de definición estándar, generalización de servicios interactivos y crecimiento de VoD (Vídeo on Demand) y PVR.(Personal Video Recording).
- **Voz.-** SIP como protocolo de VoIP.
- **Datos.-** Acceso Internet: servicios simétricos de 100Mbps con DOCSIS3.0 y servicios de calidad de servicio dinámica con PCMM (PacketCable MultiMedia).

Las secciones siguientes se ocuparán de las bases teóricas.

2.2 Red Triple Play

Es un servicio que permite tener al mismo tiempo tres servicios de telecomunicaciones de forma simultánea: Televisión (video en demanda o TV difundida Convencional), acceso a Internet de alta velocidad y la posibilidad de hacer y recibir llamadas sobre una sola infraestructura de acceso. Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Servicios de Triple Play

RED TRIPLE PLAY		
TV	ACCESO A INTERNET	TELEFONÍA
Canales de TV.	Banda ancha	Llamadas locales
Eventos exclusivos	Buzón de correo	Llamadas LDN y LDI
PPV/VOD	Acceso de correo	Llamadas Ip.
Premium	Paginas Web	Telefonía Ip.
Contenidos	Contenidos	Tripartita
Interactividad		

La diferencia que distingue a esta nueva categorización de tecnología consiste en que todos los servicios se transmiten a través de un único soporte físico, ya sea cable coaxial, fibra óptica, cable de par trenzado, red eléctrica, o bien microondas.

2.3 El paso de analógico a digital

Al aplicar la tecnología digital se consiguen mayores posibilidades, tales como proveer un mayor número de canales, mejor calidad de imagen o imagen en alta definición (HDTV o High Definition TV en inglés), además de una mejor calidad de sonido empleando sistemas como el AC3, y el Dolby Digital. Se concluye que una señal digital:

- Es mucho más robusta al ruido del sistema al incluir un ancho de banda dedicado para la detección y corrección de errores.
- Pueden ser comprimida, usando de esta manera menos ancho de banda.
- Puede ser codificada y encriptada desde su origen, para prevenir el uso no autorizado.

Las emisiones de televisión digital cuentan con numerosas e importantes ventajas frente a las actuales emisiones analógicas. La calidad de las imágenes es comparable a la de un DVD cuando se usa un canal completo de 6MHz y puede ser mejor aun en canales Europeos separados por 8MHz, y la señal es mucho más inmune a interferencias problemas atmosféricos que la analógica.

La tecnología digital permite un mayor número de emisoras en el mismo espacio radioeléctrico, pues se pueden transmitir entre tres y cinco programas de definición normal similar a VHS por cada canal UHF (se refiere al canal europeo que tiene 8MHz).

El sonido, la imagen y los datos asociados a una emisión de televisión, se codifican digitalmente en un formato llamado MPEG-2. La calidad de imagen y sonido

transmitidos, son proporcionales al caudal de datos asignado dentro del flujo final transmitido por cada multiplexador.

Existe un codificador MPEG-2 para el video y otro para el sonido estéreo con calidad digital multilingüe que junto con la información de programa se introduce en el multiplexador MPEG-2. La señal multiplexada se introduce por último en el transmisor que llega a los usuarios en forma directa o por una repetidora.

Uno de los pasos es el protocolo de compresión MPEG, que permite comprimir los videos, se puede ver 10 canales de video en un ancho de banda de 6Mhz, se reduce el uso de amplificadores en cascada de 30 a 6 amplificadores, permite ver en 550MHZ de ancho de banda cerca de 1000 canales de video digital, brindando así nuevos servicios de PPV, VOD Televisión a la carta, etc.

Los nodos alimentan de 500 a 2000 hogares el ancho de banda es 1Ghz y el medio puede ser capaz de transmitir hasta 3Ghz. La transmisión terrestre de televisión se ve afectada por dispersión de energía, zonas de sombra y reflexiones que provocan ecos. En transmisión analógica esos problemas se manifiestan como nieve, ruido en la imagen, dobles imágenes, colores deficientes y sonido de baja calidad.

En la transmisión digital, al estar la señal codificada, se recibe una imagen perfecta siempre, porque se decodifica el número correcto o no se recupera nada. Esto ocurre cuando se llega al llamado "abismo digital", es decir, cuando la señal no es suficientemente buena para los circuitos decodificadores y estos enmudecen perdiéndose completamente la recepción.

Una recepción óptima necesita mucha menos potencia de señal que una transmisión analógica de calidad normal. Eso significa que pueden ir por la misma portadora, pero no mezclarse porque cada uno tiene sus propios bits de direccionamiento.

Transmitir los canales en grupo puede tener una gran ventaja; el flujo de datos requerido para transmitir un canal con definición de DVD depende del movimiento de la imagen. Una imagen fija requiere un flujo de datos mucho menor que una imagen con gran movimiento.

2.4 HFC (Híbrido Fiber Coaxial)

La red HFC es una red híbrida que combina la fibra óptica desde el headend o Cabecera (ver sección 2.5) hacia el nodo, y coaxial (cobre) del nodo hacia el cliente. Este tipo de red ofrece todo tipo de servicio por un único acceso y de manera integrada, tiene mayor capacidad de servicio, mayor alcance y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer. Estas redes de telecomunicaciones son capaces de ofrecer servicios integrados

de imagen, voz y datos: VOD, PPV, telefonía, conexión a Internet de alta velocidad, etc.

La razón por la cual se combina la fibra óptica y el cable coaxial es para aprovechar las cualidades que ambos presentan. Por un lado las bajas pérdidas e interferencias de la fibra óptica y por otro el bajo costo y la sencillez de instalación y conectorización del cable coaxial (conectorización es el procedimiento de terminación o empalme del cable o fibra).

Se debe recordar que la red HFC es una tecnología moderna que no sólo brinda señal de cable, sino que también ofrece servicios adicionales, entre ellos se tiene el servicio VOD así como también las guías interactivas y el PPV.

Las características de un cable coaxial son principalmente dos:

- No interfiere con señales externas
- Puede transportar de forma eficiente señales en un gran ancho de banda con menor atenuación que un cable normal.

El cable coaxial tiene una limitación fundamental, que se atenúa a altas frecuencias (la pérdida de potencia, expresada en dB por unidad de longitud, crece proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia de la señal), por lo que tiene una limitación para transportar señales de alta frecuencia a largas distancias, ya que a partir de una cierta distancia el nivel de ruido supera al nivel de la señal. Esto obliga a usar amplificadores de radiofrecuencia, que introducen ruido y distorsión, y aumentan el costo de la red.

La arquitectura de una red HFC está configurada en forma de anillos multipunto, primarios (transporte) y secundarios (fibra); de los anillos secundarios salen acometidas de red coaxial; es una topología más lógica que física en la mayoría de los casos, permite que el sistema vaya creciendo progresivamente en función de la demanda de utilización del canal de retorno.

Los elementos de una red HFC están compuestos por tres partes:

- Headend (cabecera).
- red troncal.
- red de distribución.

Los receptores finales exigen una elevada calidad de imagen (HDTV) además de un servicio interactivo con la emisora de TV (vídeo bajo demanda), con un ancho de banda capaz de soportar la transmisión de una gran cantidad de información

2.5 Headend o Cabecera (procesamiento de la señal)

El headend o cabecera tiene la función de recolectar todo tipo de señales como video, datos, RF, y señales digitales, las señales recolectadas incluyen las entregadas por satélite digital o analógica, radiodifusión de (VHF y UHF) video pregrabados,

microondas AM y FM, video banda base, data y telefonía.

Las señales recolectadas en el headend son comprimidas digitalizadas, codificadas y luego multiplexados para su distribución por las red HFC. La cabecera o headend también procesa todas las señales de retorno del sistema de distribución VHF (Very High Frequency) correspondiente a señales electromagnéticas en el rango de 30 a 300 Mhz, canal 2 al 13, y UHF (Ultra High Frequency) correspondiente a señales electromagnéticas en el rango de 300 a 3000 Mhz canales 14 a 69 que son comúnmente referidos a canales UHF de televisión dial.

Los canales individuales de los moduladores y procesadores heterodinos de TV (RF) son combinados usando una red combinadora pasiva. Las señales combinadas son amplificadas por un post amplificador de bajo ruido y distorsión para proveer el suficiente nivel de señal de entrada apropiada a los transmisores ópticos.

Aspectos importantes del headend son discutidos en esta sección y se agrupan en: 1) Etapa de Recepción, 2) Procesamiento de la Señal, 3) CableLabs, 4) DOCSIS, y 5) Telefonía en la red HFC.

2.5.1 Etapa de recepción

La primera etapa es la de recepción de la señal, las fuentes de señal típicamente son de tres tipos: 1) Contribución de satélite, 2) Contribución de aire y 3) Contribución generados localmente.

a. Contribución de satélite

El receptor satelital recolecta señales en la banda de 3.7 a 4.2 Ghz mediante una antena parabólica. La señal recolectada es convertida a señales de 950 a 1450Mhz por el LNB (Low Noise Block).

En la órbita geoestacionaria a 36000 Km. sobre la tierra, una comunicación satelital recibe la señal en la banda de entre 5.9 y 6.4 Ghz, usando antenas direccionales la comunicación es retransmitida a la tierra en la banda de 3.7 a 4.2 Ghz.

La banda de 3,7 a 4,2 GHz se ve afectada por las lluvias torrenciales y, por supuesto, la antena es afectada por la nieve y la señal se desvanece cuando la nieve se acumula en el plato. Además, el plato se ve afectado por el efecto del sol (sun outage) dos veces al año

La señales de banda de 950 a 1450 Mhz son decodificadas y remoduladas en componentes de audio y video usando un receptor/decoder satelital. El divisor de potencia o splitter se conecta a múltiples receptores.

En la Figura 2.1 Se muestra al LNB (convertidor de bajo ruido) este convertidor acepta señales de 950 a 2150 Mhz.

b. Contribución de aire (Off Air)

Estos son servicios de video analógico que se toman desde canales de TV disponibles en el aire, en la zona donde esta ubicado el headend principal. Para recibir estos servicios se requiere en el headend principal de una antena de excelente calidad según sea la banda en la que se transmite este servicio (VHF o UHF). Adicionalmente a esto, se requiere de un demodulador de calidad banda ancha. La salida de este demodulador en la mayoría de los casos es video y audio en banda base.

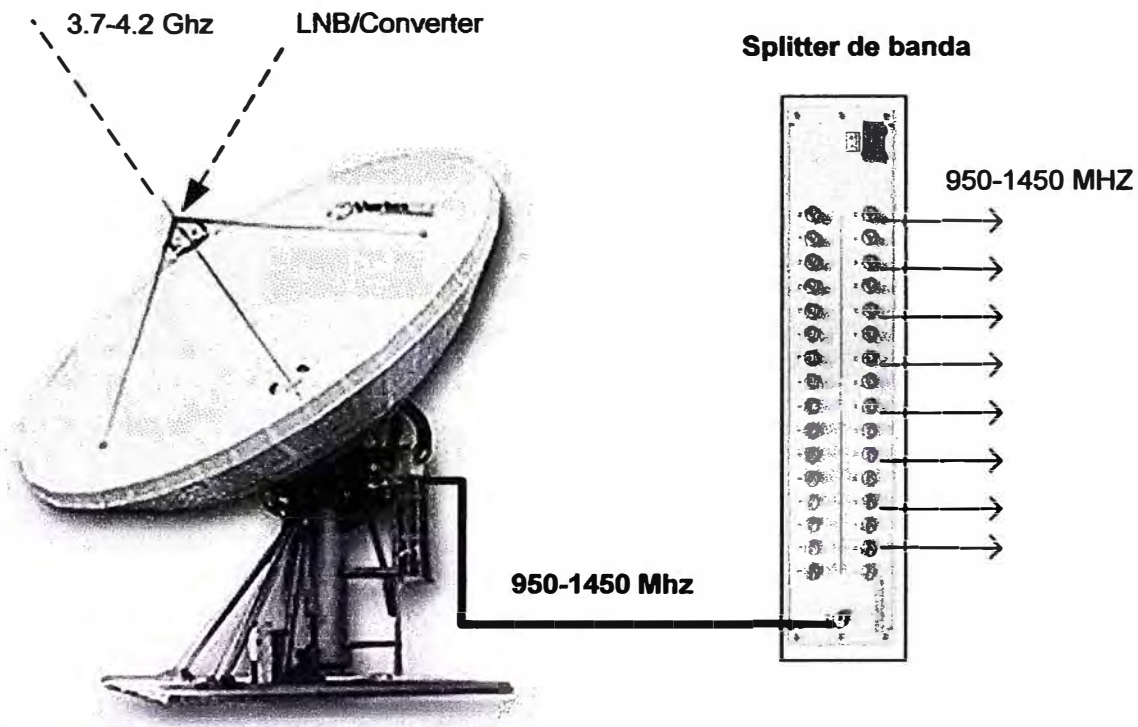


Figura 2.1 Conversión de señal de LNB

c. Contribución generados localmente

Estos servicios corresponden a información o video que se generan localmente en el headend principal. Típicamente corresponden a servicios informativos tal como información de tráfico, información de clima, eventos locales etc. Generalmente estos canales se emiten desde diferentes fuentes de video tal como reproductor de video en cinta Beta o VHS, desde reproductores de DVD, o desde la salida de video de una computadora.

La interfaz física desde donde se toma este video en la mayoría de los casos es una señal de video y audio en banda base.

2.5.2 Procesamiento de la señal

En esta sección se tratará sobre: 1) la compresión de video, 2) la compresión de audio y 3) los métodos de transmisión. La Figura 2.2 muestra un diagrama de bloques del procesamiento de la señal en la cabecera.

a. Compresión de video

La compresión de imágenes ha existido desde hace tiempo, sin embargo la compresión de vídeo es relativamente nueva. El vídeo digital debe ser comprimido antes de que pueda ser transmitida por un sistema de cable. Hoy en día existen varios algoritmos de compresión, pero el estándar dominante para la compresión de vídeo es el MPEG-2 (a partir de Moving Picture Experts Group).

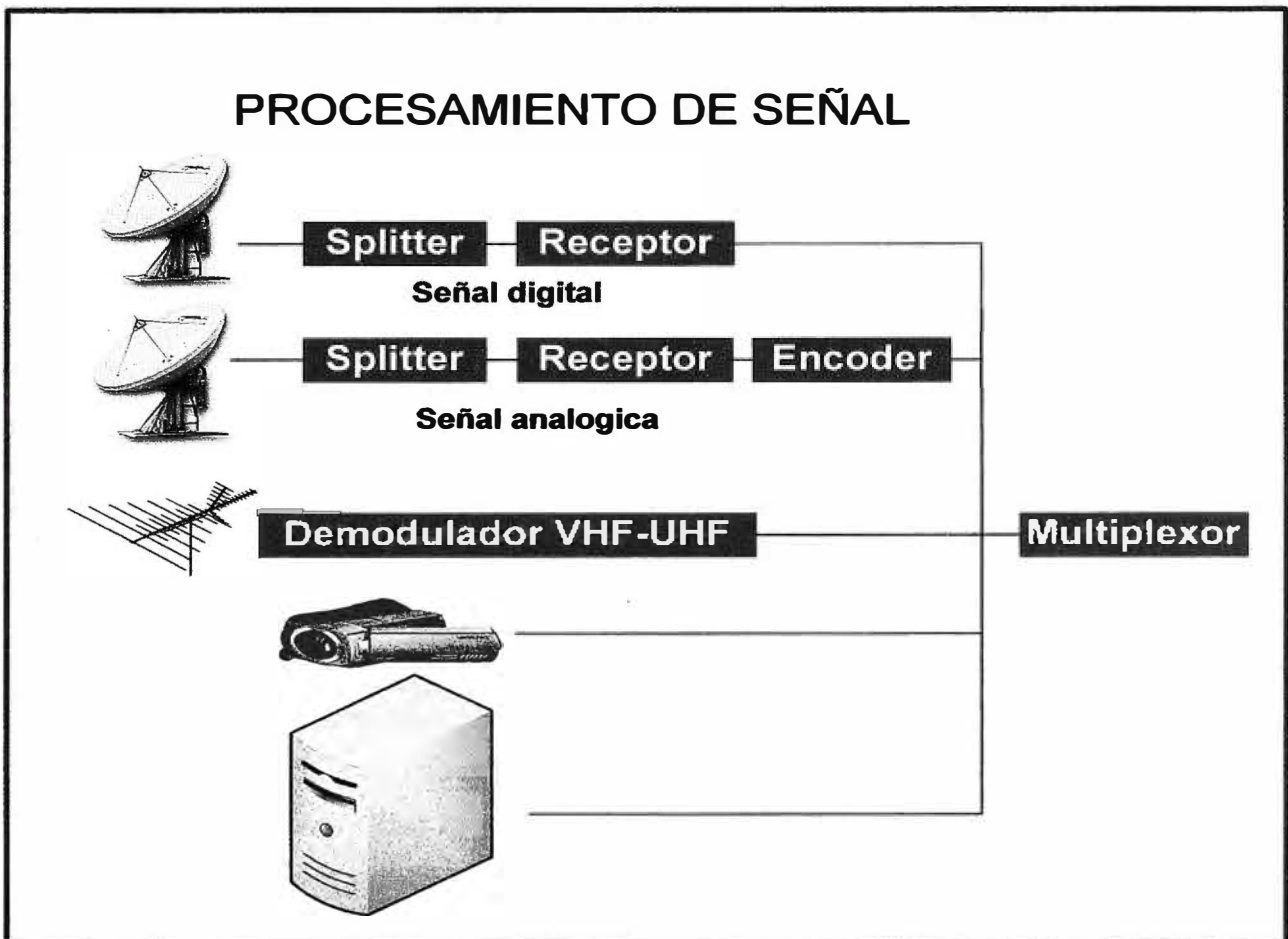


Figura 2.2 Procesamiento de la señal en la cabecera (headend)

a.1 Estándar MPEG-2

Es un Standard de compresión y transporte que define métodos y herramientas de compresión específicas así como la estructura del múltiplex de transporte.

En TV Analógica, hay un "servicio" por cada "canal físico", en cambio en TV digital, los servicios son comprimidos. Esto permite colocar más de un servicio por cada canal físico. El Protocolo de Transporte proporciona al decodificador un medio para identificar y seleccionar ciertos servicios dentro del canal físico.

El protocolo de transporte MPEG-2 es para multiplexar varios servicios comprimidos en una trama de datos llamada transport multiplex (TM). En el TM, la información digital es agrupada en un formato empaquetado de longitud fija para su transmisión en una red digital.

El Protocolo MPEG-2 contiene un mecanismo que mantiene sincronizados los datos y la temporización a través de largas distancias. Cada paquete de transporte tiene la misma longitud (en bytes) y acarrea información en una sección de encabezado (header) la cual define e identifica únicamente al paquete.

MPEG-2 de compresión de vídeo se presentó por primera vez en 1993. Ha mejorado la eficiencia de compresión de 30 a 40%. Está ahora firmemente establecido y proporciona excelentes resultados en el cable, satélite, la radiodifusión terrestre, y el disco versátil digital (DVD). MPEG-2 es compresión de vídeo basada en el método de estimación de vector de movimiento, transformada de coseno discreta, codificación y cuantización (proceso por el cual se hace discreta la amplitud de una señal analógica).

a.2 Limitaciones MPEG.

La codificación MPEG-2 rara vez se utiliza en aplicaciones de Internet, ya que no se puede garantizar la calidad de servicio (QoS) de los parámetros necesarios para MPEG-2. Estos parámetros de calidad de servicio (QoS) se resumen en la Tabla 1.2.

Tabla 2.2 MPEG-2 Parámetros de calidad de video QoS

Bit Rate	Variable de Bit Rate
Bit error rate (BER)	Menos que 10^{-10}
Packet/cell perdida de rate	Menos que 10^{-8}
Packet/cell variación de retardo	Menos que 500 ns

El material codificado MPEG-2 es extremadamente sensible a los errores y la pérdida de información debido a la forma en que MPEG-2 pone cierta información vital en un único paquete. Si el paquete se pierde o está dañado, puede haber un impacto significativo en el decodificador, provocando que estos fotogramas sean borrados o que la disminución sea muy notable para producir el bloqueo de estos defectos en la red. Se puede hacer la analogía de que el flujo de datos MPEG-2 es como una lista de instrucciones para el decodificador, es por ello que el defecto de una sola instrucción puede causar estragos con la imagen decodificada.

a.3 Defectos MPEG-2

En la práctica, todos los codificadores generan pérdidas por defectos, o zonas de reproducción visual defectuosa todo el tiempo. Si el codificador está bien diseñado, todos estos defectos serán invisibles para el ojo humano.

Uno de los defectos del MPEG-2 es que si la relación de compresión es demasiado alta, a veces no es suficiente para codificar bits de la señal de vídeo sin una pérdida significativa. Cuando esto sucede pueden ocurrir todo tipo de síntomas visuales desde bloques de color verde brillante hasta pérdidas de fotogramas.

Otro defecto visible común se da lugar a veces en las escenas oscuras o en los primeros planos de la cara, a esto se llama "contouring". Como el nombre sugiere, la

imagen se ve un poco como un mapa dibujado con un conjunto limitado de colores en lugar de una paleta que varía continuamente. Este defecto a veces se denomina suelo de baldosas. Cuando sucede, normalmente es debido a que el codificador asigna muy pocos niveles de cuantización a la escena.

Para evitar defectos visibles debido a la codificación, a errores de transmisión, y a la decodificación, todo el sistema MPEG-2 debe ser cuidadosamente diseñado para operar dentro de ciertas pautas. La relación de compresión no puede ser llevada muy alto. El límite está en la relación de compresión de determinado material a una cierta resolución de imagen y velocidad de cuadro. La Tabla 2.3 muestra los resultados basados en la experiencia.

Tabla 2.3 MPEG-2. Resolución Versus el valor mínimo Bit Rate

Material	Resolución	Mínimo Bit Rate (CBR)
Películas	360x240 (CIF)	1.5 Mbps
Películas	360x480 (half)	2 Mbps
Películas	540x480 (3/4)	3 Mbps
Películas	720x480(full)	4 Mbps
Deportes (video)	540x480(3/4)	5 Mbps
Deportes (video)	720x480(full)	6 Mbps

El sistema de transmisión debe introducir muy pocos errores durante el promedio de tiempo de un evento. Por ejemplo, en dos horas de película, los mismos espectadores pueden tolerar muy pocos defectos (como marco o caída de bloques de color verde). En la práctica, esto significa que el sistema de transmisión debe emplear técnica de corrección de errores en adelante, conocida como FEC (Forward Error Correction).

a.4 Relación de compresión

La relación de compresión se utiliza para comparar el espectro utilizado por una señal comprimida, con el espectro utilizado por un equivalente de NTSC (National Television Systems Committee).

En la relación de compresión con MPEG-2 se incluye la multiplexación, el transporte, y modulación digital, y todos ellos afectan a la cantidad de ancho de banda que es requerido por la señal comprimida.

Cómo ejemplo, una señal de vídeo con una compresión MPEG-2 de 31:1 de vídeo relación de compresión es aproximadamente equivalente a una relación de compresión de 6:1. (Si el ejemplo que emplea 256-QAM y multiplexación estadística, es posible lograr una relación de compresión de 12:1, aunque el vídeo MPEG-2 de compresión sea de 31:1)

b. Compresión de audio

La compresión de audio es un complemento de compresión de vídeo, pero las técnicas son muy diferentes. En primer lugar, la señal de audio requiere mucho menos ancho de banda que la señal de vídeo. Por ejemplo, un par de audio estéreo a 48 kHz de muestreo y el uso de muestras de 16 bits requiere 1 536 Kbps (frente a 124 Mbps para la señal de vídeo). Es muy factible enviar audio sin comprimir. Además, la compresión de audio no puede lograr la misma relación de compresión de video. Un valor un típico de audio estéreo es de 192 Kbps, es decir una relación de compresión 8:1.

Hay dos principales contendientes para la compresión de audio que provee gran calidad de audio: compresión de audio MPEG y Dolby AC-3, siendo Dolby AC-3 un sistema más avanzado de compresión de audio.

c. Mecanismos de transmisión

Existen dos principales categorías de transmisión: redes de banda ancha (broadband) y de banda base (baseband).

c.1 Transmisión banda base

En la transmisión de banda base, la totalidad de medios físicos (de par trenzado, coaxial, láser de enlace, etc.) se dedican a la transmisión de un flujo de bits (bit-stream). Esto hace a la transmisión muy robusta, pero limita en general las tasas de transmisión a la velocidad máxima de un solo transmisor o receptor.

En redes banda base, los paquetes de transporte MPEG-2 deben ser adaptados para que puedan ser transportadas por la red. Los medios de transmisión en banda base son: ATM, SONET, SDH, IP, y DVB ASI, que provee una facilidad de transmisión en banda base que puede ser utilizado en portadora transport streams MPEG. A continuación se describen al IP y DVB ASI:

- Protocolo de Internet (IP).- IP se utiliza ampliamente como un protocolo de comunicaciones de datos. Recientemente, ha habido un interés considerable en el uso IP para llevar telefonía, audio, vídeo y servicios. Aunque IP no fue diseñado con calidad de servicio (QoS), ha habido un esfuerzo considerable para proporcionar calidad de servicio (QoS) en redes IP.
- DVB interfaz serie asíncrona (ASI).- Fue desarrollado para la interconexión de los equipos profesionales MPEG-2 y es nato en la transmisión banda base. DVB ASI 8b/10b:
 - facilita los transport streams MPEG-2.
 - Utiliza la codificación en una velocidad de línea de 270 Mbps como máximo rendimiento de carga útil (payload) de 216 Mbps.
 - Está diseñada para utilizar dos medios físicos.

- No tiene mecanismos para la detección de errores o la recuperación, ya que está diseñado para la interconexión de los equipos en distancias cortas.

c.2 Transmisión de banda ancha (Broadband)

En las redes de banda ancha, cada canal es modulado en una frecuencia de transmisión de tal forma que no interfiera con cualquiera de los otros canales. Aunque las redes de banda ancha no son intrínsecamente robustas como las redes de banda base, ellos logran una mayor capacidad de transmisión a un costo inferior a las redes de banda base.

La corrección de errores y técnicas de protección son generalmente empleadas en los sistemas de transmisión de banda ancha para reducir el número de errores introducidos por la transmisión analógica, que también se tratan en esta sección.

Esta técnica se llama a menudo multiplexado por división de frecuencia (FDM). En esta sección se analizan las tres técnicas de modulación común utilizada para el transporte MPEG-2: 1) Quaternary Phase Shift Keying (QPSK), 2) modulación de amplitud en cuadratura (QAM), y 3) Banda lateral vestigial (VSB).

- **Quaternary Phase Shift Keying (QPSK).**- La modulación es muy robusta en presencia de ruido, QPSK se utiliza para enlaces de transmisión por satélite y el canal de control de modulación en los sistemas de cable. La Figura 2.3 muestra un diagrama de bloques del modulador QPSK. La figura 2.4 muestra su constelación.
- **Modulación de amplitud en cuadratura (QAM).**- Es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, mediante la modulación de la señal portadora de información tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud. La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en DBL-PS (Doble Banda Lateral - con Portadora Suprimida). Una carga útil para una modulación 64-QAM aproximadamente es de 27 Mbps se logra dentro de un canal de 6 MHz y para una modulación de 256-QAM de carga útil es aproximadamente de 38,8 Mbps que es suficiente para llevar dos canales de HDTV. La Figura 2.5 muestra el diagrama de la modulación 64-QAM, y la Figura 2.6 el diagrama de constelaciones 64-QAM.

Banda lateral vestigial (VSB).- La modulación VSB ha sido aprobado para su uso en la radiodifusión digital, VSB tiene una carga útil (payload) de aproximadamente 19,4 Mbps y fue diseñado para el transporte de un solo canal de HDTV. La VSB es un esquema de modulación dimensional, ya que sólo utiliza modulación de amplitud (en contraste, QAM es una técnica de modulación bidimensional, ya que utiliza los componentes I y Q). En la modulación VSB, la señal de banda base se codifica como

un valor de 8 niveles, de modo que se codifican 3 bits por baudio para la corrección de errores y a protección de la señal.

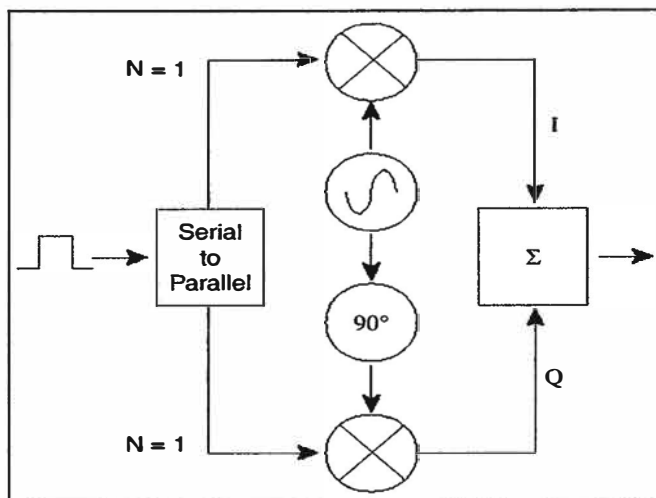


Figura 2.3 Modulador QPSK

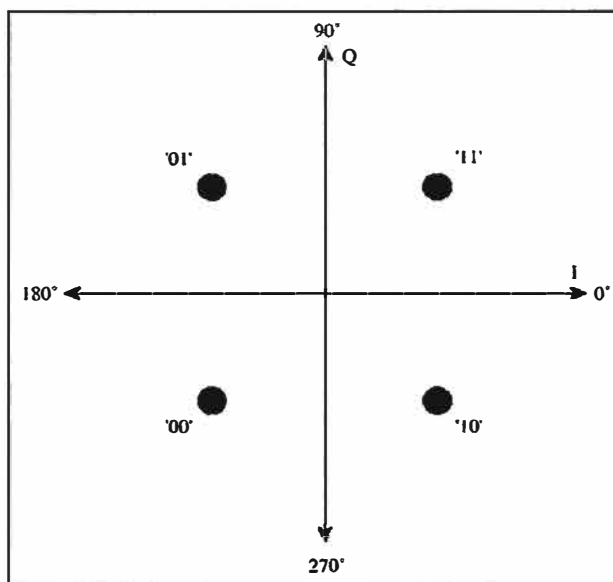


Figura 2.4 Diagrama de Constelación QPSK

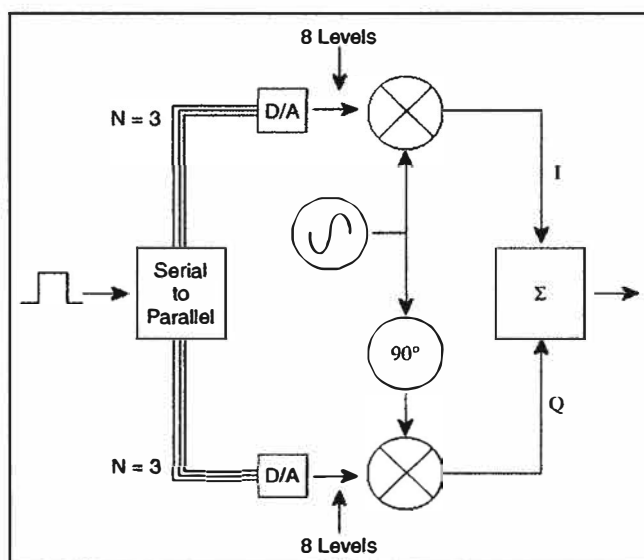


Figura 2.5 Diagrama de la modulación 64-QAM

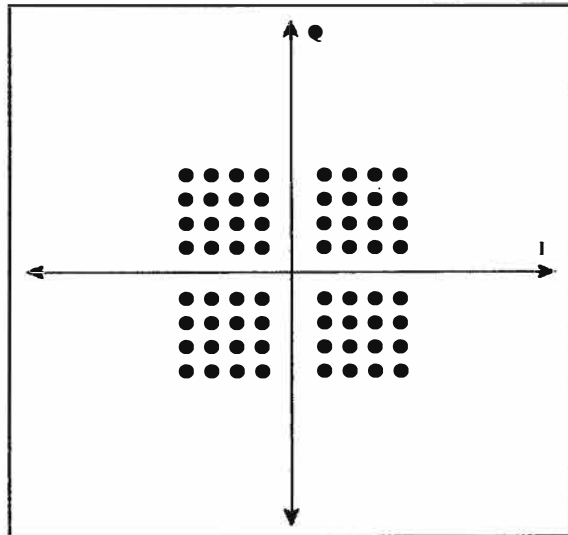


Figura 2.6 Diagrama de constelaciones 64-QAM

2.5.3 CableLabs

Fundada en 1988 por miembros de la Industria de la Televisión por Cable, Cable Televisión Laboratorios, Inc. (CableLabs) es un consorcio dedicado a la investigación y desarrollo de las nuevas tecnologías de cable y ayuda a integrar los avances tecnológicos en nuevos objetivos de negocio. Los principales objetivos de CableLabs son:

- Identificar e investigar las nuevas tecnologías de banda ancha.
- Realizar las especificaciones
- Certificar los productos
- Divulgar la información.

Existen tres principales estándares de normalización asociados a los servicios de acceso de datos en las redes HFC: 1) DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), 2) DVB-RCC (Digital Video Broadcasting-Return Channel Cable) y 3) Euro DOCS IS.

2.5.4 DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification)

Desarrollado por Cable Labs y aprobado por la ITU en marzo de 1998 define estándares de interfase para cable módems y equipamiento de soporte, es un estándar abierto basado en los requerimientos de los operadores. Las funciones son la certificación de cable módems, la interoperabilidad entre proveedores, drástica reducción de precios, y evolución constante.

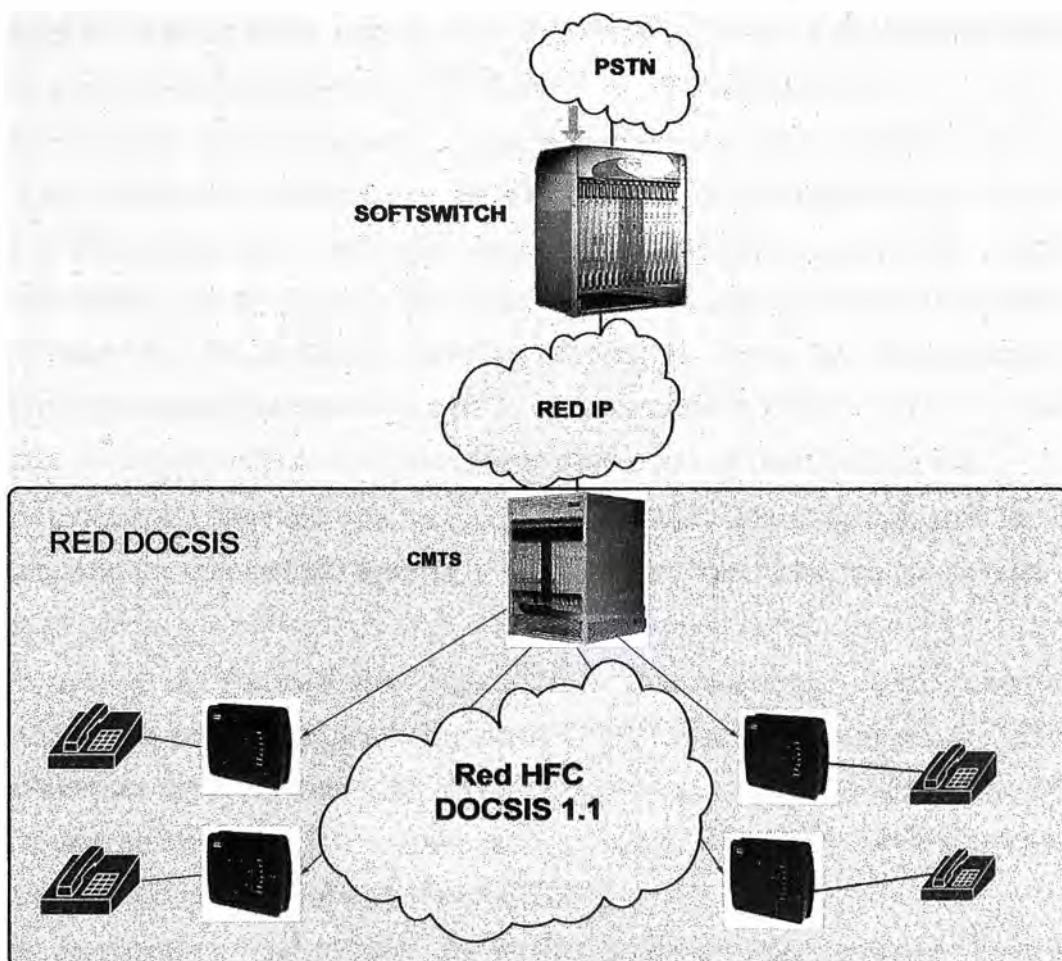
Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable. Esto permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial) existente. La Tabla 2.3 muestra la evolución de DOCSIS.

Tabla 2.4 Evolución de DOCSIS

Versión	Especificaciones
1.0	<ul style="list-style-type: none"> - Primera versión del estándar - Se certifican más de 200 CM - Se califican más de 28 CMTS
1.1	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad de servicio (Qos) y servicios dinámicos (requerido por PacketCable) - Más de 100 CM certificados, más de 34 CMTS calificados
2.0 (Servicios simétricos)	<ul style="list-style-type: none"> - Más tráfico de subida que antes (x6 DOCSIS 1.0, x3 DOCSIS 1.1) - Más de 80 CM certificados, más de 6 CMTS calificados
3.0	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones en desarrollo - Más tráfico de subida que nunca (200mbps down/100mbps up)

2.5.5 Telefonía en la red HFC

La idea de la telefonía en las redes de cable, surgió por lo menos hace una década. La telefonía IP aún mostraba sus primeros avances tecnológicos. La intención era aumentar la base de suscriptores que no se lograría con la oferta de video. En la Figura 2.7 se muestra el diagrama de bloques de la telefonía en la red HFC.

**Figura 2.7** Diagrama de la telefonía en la red HFC

Los componentes de red principales para el servicio de telefonía en una red de cable son: 1) Sistema de Terminación de Cable modems (CMTS) con soporte de PacketCable, 2) Softswitch y 3) Sistema de aprovisionamiento. Cada uno de ellos será descrito posteriormente.

a. PacketCable

En septiembre de 1997, CableLabs comenzó a trabajar en un proyecto denominado PacketCable en respuesta a las inquietudes que suscitaba la implantación de la telefonía en las redes de cable. Entre los propósitos establecidos estaba desarrollar una tecnología de menor costo, más flexible y eficiente, y que con el tiempo pudiera ofrecer servicios multimedia adicionales a la telefonía convencional para lograr la preferencia de los suscriptores.

El proyecto PacketCable define las especificaciones de las interfaces que se utilizan en el diseño y fabricación de un equipo compatible para ofrecer voz sobre IP, video y otros servicios multimedia que requieren altas tasas de transmisión. Utiliza el protocolo DOCSIS 1.1 como mecanismo de transporte debido a su capacidad para soportar servicios en tiempo real, y además define diversos elementos como los codecs para voz, la señalización, el aprovisionamiento, la administración, la facturación, la seguridad y la interconexión con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC) para conformar soluciones integrales de voz sobre IP en las redes de cable.

Hasta ahora, los operadores de cable que querían dar servicios de voz, debían hacerlo con soluciones propietarias, de difícil uso y mantenimiento, y con protocolos extraños y adaptados por cada fabricante. La tecnología PacketCable, permite a los operadores contar con la última tecnología, cumpliendo estrictamente los estándares de calidad y servicio. PacketCable también define el modo de funcionamiento y la integración entre todos los elementos de la red, garantizando que todos los equipos que se conecten funcionen adecuadamente y con muy poco esfuerzo operativo.

La calidad de Servicio que se logra con PacketCable garantiza que las llamadas telefónicas tendrán una calidad óptima, y en consecuencia todos los elementos de la red operarán

El avance de PacketCable dependía de dos aspectos: 1) el desarrollo de la tecnología basada en el Protocolo de Internet (IP) y 2) de la especificación DOCSIS para la transmisión de datos en las redes de cable. En cuanto se probó el éxito de DOCSIS y muchas redes se volvieron bidireccionales, las redes de cables comenzaron a planear las aplicaciones de voz a través de PacketCable.

La arquitectura PacketCable se diseñó para que fuera robusta, completa, que facilitara la comunicación punto a punto y pudiera soportar el servicio a millones de

suscriptores en múltiples redes de cable; todo ello con buena calidad, confiabilidad y funcionalidades equivalentes a la telefonía tradicional. Por su evolución, PacketCable se divide en cuatro fases:

a.1 PacketCable 1.0

- Define la arquitectura de referencia y describe las características de la interfaz de acceso del suscriptor y de los principales elementos que la integran.
- Detalla las características de la señalización de la llamada, la calidad de servicio (QoS), los codecs, el aprovisionamiento de clientes, la recolección de mensajes de eventos para facturación, la interconexión con la RTPC e interfaces de seguridad necesarias para desarrollar una solución específica en una red de cable y ofrecer servicios de telefonía IP residenciales.
- Fue diseñada para realizar funcionalidades equivalentes a las de un conmutador telefónico Clase 5 pero con conexión directa a una red de señalización 7(SS7).

a.2 PacketCable 1.5

- Profundiza en la especificación de las interfaces de los componentes e incluye el mecanismo necesario para la disponibilidad del servicio en caso de fallas en el suministro eléctrico en la casa del suscriptor, así como el acceso a servicios de emergencia.
- Incluye nuevas funcionalidades y el uso del protocolo SIP para la administración de sesiones.

Define los componentes funcionales e interfaces necesarias para habilitar la comunicación con las redes PacketCable 1.0 utilizando una red de transporte IP.

- Se describen extensiones a la arquitectura de la primera versión para el intercambio de tráfico entre operadores de cable, sin tener que atravesar la RTPC.

a.3 PacketCable 2.0

- Basada en el estándar IMS (IP Multimedia Subsystem) de tercera generación que incluye el desarrollo de una arquitectura para comunicaciones basadas en el protocolo SIP.
- Utiliza muchas de las entidades funcionales básicas de IMS para incorporar estos avances tecnológicos al desarrollo de soluciones para redes de cable y permite la administración de diversos servicios interactivos multimedia en la misma infraestructura de red.

a.4 PacketCable Multimedia

- Garantiza la calidad de servicio vía DOCSIS 1.1 ó 2.0 para cualquier aplicación IP
- Mmaneja el Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP, Session Initiation Protocol) para servicios de voz

- Permite la innovación de servicios que no han sido previamente diseñados para esta especificación, sino que con el tiempo pudieran surgir y entonces se podrán adoptar fácilmente a las redes de cable.

La voz sobre IP fue el primer servicio pensado para la arquitectura PacketCable porque el objetivo primordial de los operadores de cable consistía en fortalecer la relación con sus suscriptores de televisión; posteriormente se plantearon otros servicios como los juegos interactivos, la videoconferencia y la mensajería unificada.

Algunas características que distinguen a la telefonía IP a través de PacketCable en comparación con un servicio tradicional de VoIP, son las siguientes:

- La telefonía PacketCable es un servicio punto a punto, entre teléfonos convencionales y no entre computadoras personales o teléfonos digitales.
- Los servicios PacketCable tienen prioridad sobre los de DOCSIS para asegurar su calidad y alta disponibilidad en las redes de cable.

PacketCable no transporta la voz sobre Internet sino a través de una red IP administrada a través de la cual se realiza la transmisión de los paquetes mediante el protocolo DOCSIS.

b. Enrutador de llamadas (softswitch)

El softswitch es el principal dispositivo en la capa de control dentro de una arquitectura HFC, encargado de proporcionar el control de llamada (señalización y gestión de servicios), procesamiento de llamadas, y otros servicios, sobre una red de conmutación de paquetes (IP).

El softswitch actúa como gestor en el momento de interconectar las redes de telefonía tradicional, e incluso las redes inalámbricas 3G con las redes de conmutación de paquetes(IP), buscando como objetivo final lograr la confiabilidad y calidad de servicio similar a la que brinda una red de conmutación de circuitos con un menor precio.

Las ventajas de control y gestión de una red multiservicios que presenta el softswitch, hace que la arquitectura HFC se presente claramente como la evolución de la red tradicional de telefonía (RTC) comportándose como una PBX tradicional. El softSwitch está diseñado para operadores de cable. La Figura 2.8 muestra el diagrama del enrutador de llamadas (softSwitch).

El softSwitch tiene los siguientes componentes dentro de una misma plataforma

- Call Management Server (CMS).
- El Servidor de Anuncios (ANS).
- El Controlador de la Puerta de Enlace de Medios (MGC).
- Puerta de Enlace de Medios (MG).
- Puerta de Enlace de Señalización (SG) .

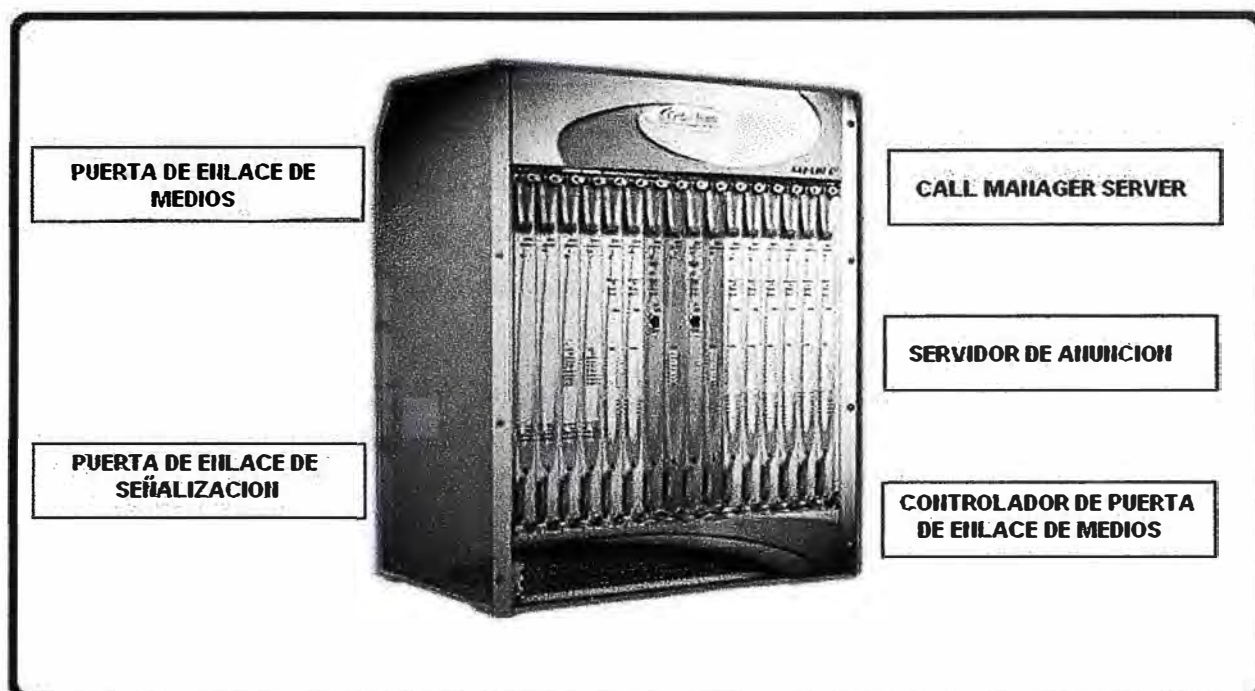


Figura 2.8 Diagrama del Enrutador de llamadas (softSwitch)

b.1 CMS (Call Management Server)

Realiza el control de las llamadas telefónicas y de otros servicios relacionados con la señalización para el MTA (Multimedia Terminal Adapter), el CMTS y las puertas de enlace con la RTPC, a través de la red PacketCable.

Está compuesto por los siguientes elementos:

- Agente de Llamadas (CA, Call Agent)
- Controlador de Compuerta (GC, Gate Controller)



Figura 2.9 Servidor de Administración de Llamadas en PacketCable

El Agente de Llamadas administra la llamada y controla el MTA, mientras que el Controlador de Compuerta controla la calidad de servicio y establece comunicación con el CMTS para que se le asignen los recursos necesarios al servicio.

Este servidor también realiza funcionalidades típicas de la telefonía digital tradicional como el buzón de voz y el identificador de llamadas, recibe el número telefónico marcado para direccionar la llamada, determina el perfil de cada cliente para otorgar ciertas funcionalidades de servicio y contiene el codec empleado para el procesamiento de la señal de voz analógica.

Existe una amplia gama de codecs disponibles para soluciones de voz. En la Tabla 2.5 se muestran los más destacados.

Tabla 2.5 Codecs disponibles para telefonía

CODEC	CARACTERÍSTICAS	CARACTERÍSTICAS
G.711	Primer codec utilizado en la telefonía digital que usa un esquema de codificación llamado PCM (Pulse Code Modulation) de 8 bits y una tasa de muestreo de 8,000 muestras por segundo para una señal de voz cuyo ancho de banda máximo sea de 4,000 Hz. Representa la mejor calidad de voz para la telefonía tradicional y aplicaciones de VoIP	64 kbps(sin compresión) 84 kbps(con encabezados TCP/IP)
G.728	Codec estándar de la ITU de buena calidad, con capacidad para suprimir eco y su uso se destina a audio de baja fidelidad. No soporta mensajes de fax, señales de modem o la interpretación de tonos DTMF como G.711.	16 kbps
G.729E	Codec estándar de la ITU – Su calidad es suficiente para conversaciones y audio de mediana calidad, pero al igual que G.728 no soporta funcionalidades de G.711. Requiere licencia de Sipro Lab Telecom o VoiceAge	11.8 kbps

b.2 El servidor de anuncios (ANS)

Contiene los mensajes que se le presentan al suscriptor para informarle sobre el estado de la red o del servicio solicitado. Anuncios como: “el número que marcó se encuentra ocupado” o “el número que marcó está fuera de servicio”, son hechos por este elemento de la red PacketCable.

Contiene dos elementos lógicos internos que son mostrados en la Figura 2.10:

- El Controlador de Reproductor de Medios (MPC, Media Player Controller)
- El Reproductor de Medios (MP, Media Player).

El Controlador solicita al Reproductor que ejecute determinado anuncio de acuerdo con lo que el CMS le indique sobre el estado actual de la red o de la petición hecha. El MP reproduce el anuncio correcto al MTA o a la Puerta de Enlace de Medios.

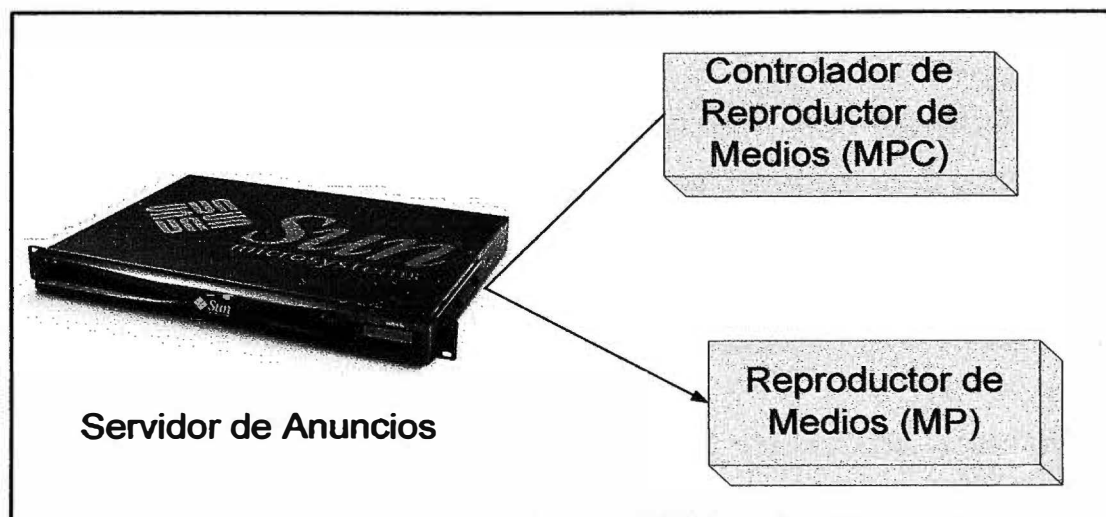


Figura 2.10 Servidor de Anuncios en PacketCable

La Puerta de Enlace de Medios que comunica la red PacketCable con la RTPC, consiste en tres elementos lógicos. Ver Figura 2.11:

- Controlador de la Puerta de Enlace de Medios (MGC, Media Gateway Controller)
- Puerta de Enlace de Medios (MG, Media Gateway)
- Puerta de Enlace de Señalización (SG, Signaling Gateway)

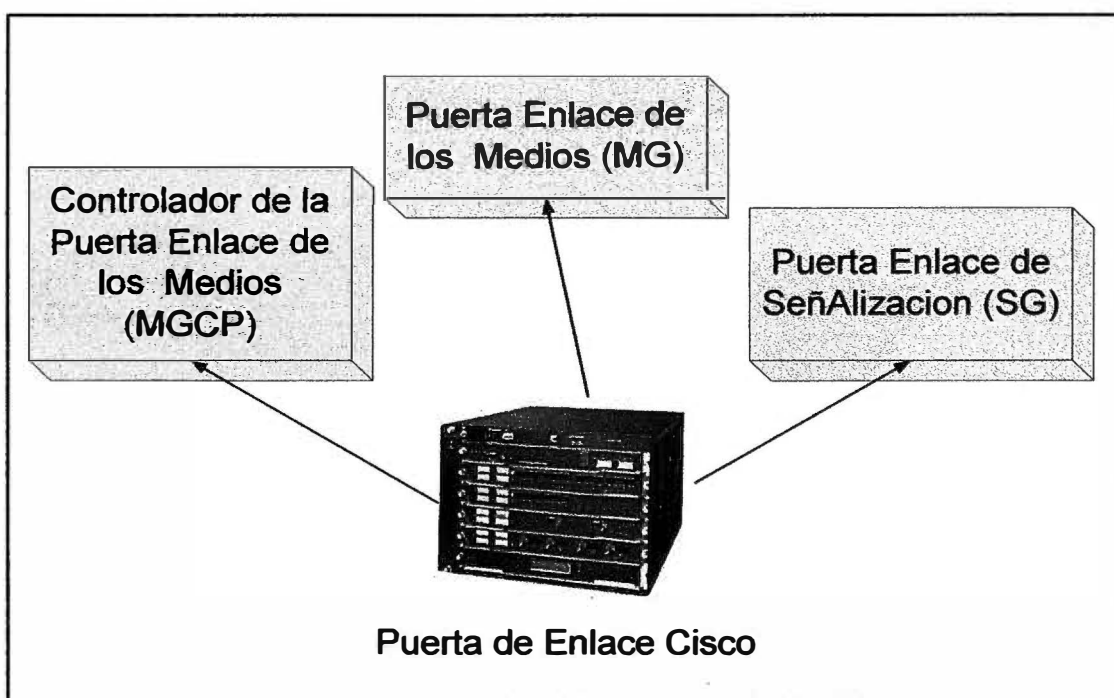


Figura 2.11 Puerta de enlace con la RTPC en PacketCable

b.3 El controlador de la puerta de enlace de medios (MGC) r

Recibe y actúa como mediador de la información de señalización de llamadas entre la red PacketCable y la RTPC; controla a los otros dos elementos y se encarga del progreso de las llamadas que atraviesan esta frontera. En ocasiones se encuentra lógicamente integrado en el CMS.

b.4 Puerta de enlace de medios (MG)

O Media Gateway. Establece la comunicación entre la red PacketCable y la RTPC, con base en las indicaciones que le hace el MGC para establecer y controlar conexiones entre clientes o puntos extremos. Su función principal es la conversión de la voz sobre IP a una señal apropiada para la RTPC; también detecta eventos en la RTPC, realiza la cancelación de eco, administra el tráfico de voz para colocarlo en las troncales telefónicas respectivas y genera reportes al MGC sobre el estatus de sus funciones.

b.5 Puerta de enlace de señalización (SG)

O Signaling Gateway. Se encuentra en la red PacketCable y se encarga de administrar la señalización con la RTPC. Es justamente el elemento en el que se realiza la conversión de la señalización entre estas dos redes, y de ella depende en gran parte el óptimo funcionamiento del servicio telefónico en la red de cable.

Los servidores de "Back-office", también conocidos como Sistema de Soporte Operativo (OSS, Operational Support Systems), consisten en un amplio conjunto de elementos de soporte que realizan funciones como el aprovisionamiento de clientes, generan registros de eventos para la facturación del servicio, seguridad, desempeño de la red, histórico de eventos en la red, configuración, etc. En general, estos servidores se encargan de dar soporte a todos los procesos involucrados en el óptimo desempeño de la administración del negocio. La Figura 2.12 muestra slo servidores de "Back-office" y de aplicaciones en PacketCable



Figura 2.12 Servidores de "Back-office" y de aplicaciones en PacketCable

c. Servidores de aprovisionamiento

Conocido más comúnmente como sistema de aprovisionamiento. Son los servidores que proveen la configuración a los Cable modems y CPEs, y consta de los siguientes servidores:

- Servidor DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)
- Servidor DNS (Domain Name Server)
- Servidores TFTP (Trivial File Transfer Protocol)

- Servidor de Almacenamiento de Registros (RKS, Record Keeping Server)
- Servidor Syslog y ToD Server.

Dada su relevancia sólo se describirán los cinco primeros de la lista mostrada.

c.1 El servidor DHCP

Se utiliza durante el aprovisionamiento de los MTA y cable módems para asignarles direcciones IP de manera automática; de lo contrario, sería necesario asignar manualmente una dirección IP a cada dispositivo que se diera de alta en la red o que cambiara de ubicación física. El servidor DHCP permite la administración, supervisión y distribución centralizada de las direcciones IP en la red.

c.2 El servidor DNS

Es una base de datos distribuida y jerárquica que almacena información sobre nombres de dominio en Internet. La asignación de nombres a direcciones IP, es su función más conocida, aunque también puede asociar distintos tipos de información a cada nombre.

c.3 El servidor TFTP

Es indispensable para transferir los archivos de configuración y actualización a los dispositivos de acceso por parte del CMTS. Sin esta funcionalidad, no sería posible habilitar, cancelar o actualizar información útil en el MTA y el cable módem.

c.4 El servidor Syslog

Se utiliza para registrar eventos en la red IP y posibles fallas en el MTA, sobre todo relacionados con temas de seguridad del sistema; cada registro incluye la fecha y hora del evento para generar los respectivos reportes.

c.5 El Servidor de Almacenamiento de Registros (RKS)

Recibe mensajes de eventos del CMS, CMTS y MGC, los ordena en registros coherentes que posteriormente hace disponibles a otros servidores de facturación, de detección de fraudes y otros sistemas, para su respectivo uso.

El aparato telefónico convencional se conecta al MTA (Multimedia Terminal Adapter) que convierte la señal de voz analógica en paquetes IP, y viceversa. Es un cliente PacketCable con una dirección IP independiente, que además actúa como interfaz de señalización para controlar otros elementos de la red. El cable modem, que también requiere una dirección IP independiente, puede integrarse en el MTA para disponer de un sólo dispositivo que se conoce como eMTA (embedded MTA) o MTA integrado. Estos elementos se ubican en el sitio del suscriptor. En el hub de la red de cable, el CMTS se encarga de administrar los recursos de la red de acceso para los servicios PacketCable. Reserva los recursos necesarios cuando se le solicita un servicio, monitorea la comunicación y finalmente termina el servicio cuando se hubo completado

2.6 La red troncal (Transporte)

Es la red por la cual se distribuyen todas las señales y suele presentar una estructura en forma de anillos redundantes de fibra óptica que une a un conjunto de nodos primarios o hub.

Está conformada por la red primaria óptica que une la cabecera y los nodos primarios, suele seguir topologías en anillo o en estrella mediante enlaces redundantes. La red troncal secundaria óptica une los nodos primarios y los nodos finales con nivel de cobertura menor que la red troncal primaria.

La opción más común es la de doble anillo redundante entre cabeceras, anillo simple redundante en las redes troncales de distribución de fibra óptica, bus en las redes de distribución de radiofrecuencia y estrella o multiestrella en la red de acometida de abonado. Generalmente se compone a su vez de otras redes: red troncal primaria (urbana o interurbana), red secundaria y red terciaria.

- **Red troncal primaria interurbana.**- Corresponde al despliegue de la fibra óptica desde la cabecera hasta los diferentes hubs, configurándose en forma de doble anillo redundante. Esta estructura permite ofrecer servicio aunque el anillo quede abierto en algún punto, generalmente debido a roturas fortuitas en la realización de trabajos de obra civil o eventuales actos vandálicos.

Esta red se desarrolla aprovechando grandes infraestructuras existentes en el territorio, como son autopistas, autovías, túneles, líneas de ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, red de saneamiento, etc.

La red troncal primaria urbana o local, tiene topología en anillo redundante simple y se encarga de unir los hubs de núcleos urbanos de mas de 40.000 unidades inmobiliarias, entre sí. La manguera utilizada es de 256 fibras ópticas, con el fin de no limitar el posterior crecimiento de la red.

- **Red troncal secundaria.**- También tiene topología de anillo y se encarga de unir los diferentes nodos de potencia (NP) entre sí. De cada hub partirán 4 anillos que formarán 4 redes troncales secundarias compuestas por 5 nodos de potencia cada una. En total, cada anillo secundario alimentará a una media de 10.000 unidades inmobiliarias (2000 unidades por nodo de potencia), estableciéndose el área de cobertura de la zona hub en 40.000 unidades inmobiliarias.
- **Red troncal terciaria.**- Tiene topología en estrella (a veces también anillo) y su misión es unir cada nodo de potencia con cada uno de los nodos opto electrónicos (NOE) a los cuales alimenta. Estas zonas NOE están compuestas por una media de 600 unidades inmobiliarias, agrupándose generalmente en grupos de cuatro para formar una zona de cobertura de nodo de potencia.

La arquitectura de una red HFC esta configurada en forma de anillos multipunto, primarios (transporte) y secundarios (fibra); de los anillos secundarios salen acometidas de red coaxial; es una topología mas lógica que física en la mayoría de los casos, permite que el sistema vaya creciendo progresivamente en función de la demanda de utilización del canal de retorno.

2.6.1 Arquitectura de transporte

A continuación se describirá la arquitectura de transporte. Primero se explicará la de anillo y luego la de estrella.

a. Arquitectura de anillo

Esta arquitectura está orientada a las áreas grandes o con alta densidad de usuarios. Es la arquitectura de red más usada. Reduce las cascadas de amplificadores incrementando el desempeño. Posee gran confiabilidad y reduce el alto costo por uso de amplificadores, también Incrementa la capacidad y desempeño del retorno. La Figura 2.13 muestra el diagrama de anillo entre el headend y hub.

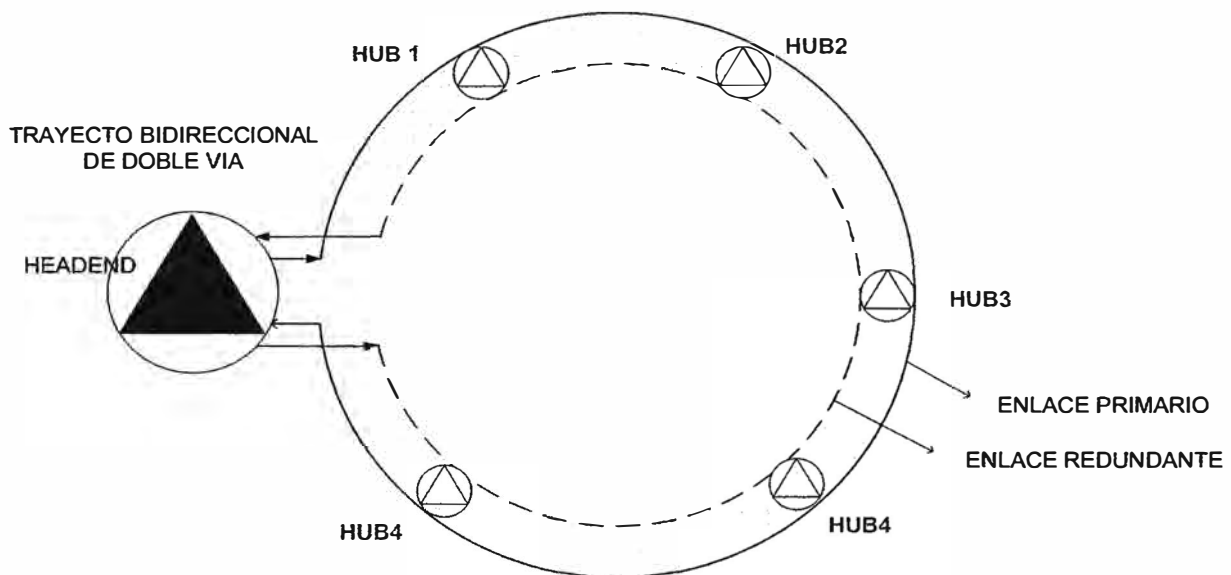


Figura 2.13 Diagrama de anillo entre el headend y hub

El cable de fibra óptica es inmune a los tradicionales problemas tal cómo las variaciones de temperatura e interferencias de RF. Es una arquitectura flexible adecuada para video, voz, datos y servicios interactivos.

- Características:
 - Transporta servicios a grandes areas.
 - Menos fibra es necesaria si se requiere redundancia.
 - Misma señal de ingreso (canal) a cada hub.
- Posibles configuraciones:
 - Longitud de onda: 1550 nm
 - Transporte de datos digital.

b. Arquitectura de estrella

Orientado a áreas pequeñas o de baja densidad de usuarios. La Figura 2.14 muestra el diagrama de estrella entre el headend y hub

Características.

- Diferentes señales de ingreso (canales) para cada hub.
- Generalmente usa menos fibra si el área a cubrir por el hub es grande.

Posibles configuraciones

- 1550 nm
- 1310 nm

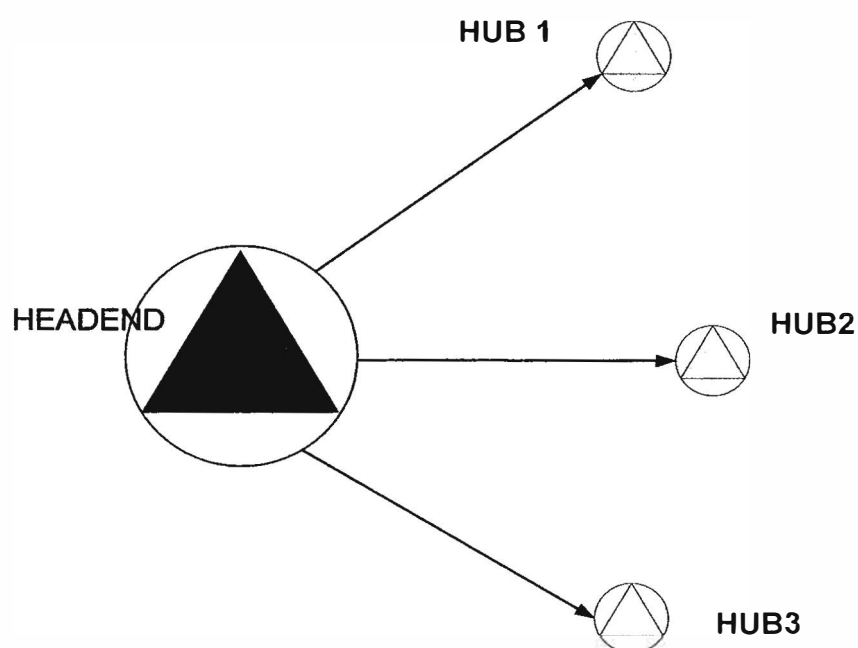


Figura 2.14 Diagrama de estrella entre el headend y hub

Las redes CATV (Community Anthenna Television o Cable Television) actuales con topología de red de anillo redundante entre cabeceras y multiestrella o anillos finales redundantes en la distribución, están basadas en el uso mixto de la fibra óptica y el cable coaxial

En este caso se diseñará utilizando la arquitectura doble anillo con estrella, donde se tiene un anillo con su respectiva redundancia que une el headend con todos los hub en cada respectivo distrito de Lima. El proveedor, por cuestiones económicas geográficas decidirá la ubicación del hub.

El segundo anillo permite unir el hub con todos los nodos que abarcaran en dicho hub incluido con su respectiva redundancia.

El nodo óptico tiene 4 ramales RF donde permite realizar la cobertura en una determinada área. La Figura 2.15 muestra el diagrama usado en el diseño entre el headend, hub y nodo.

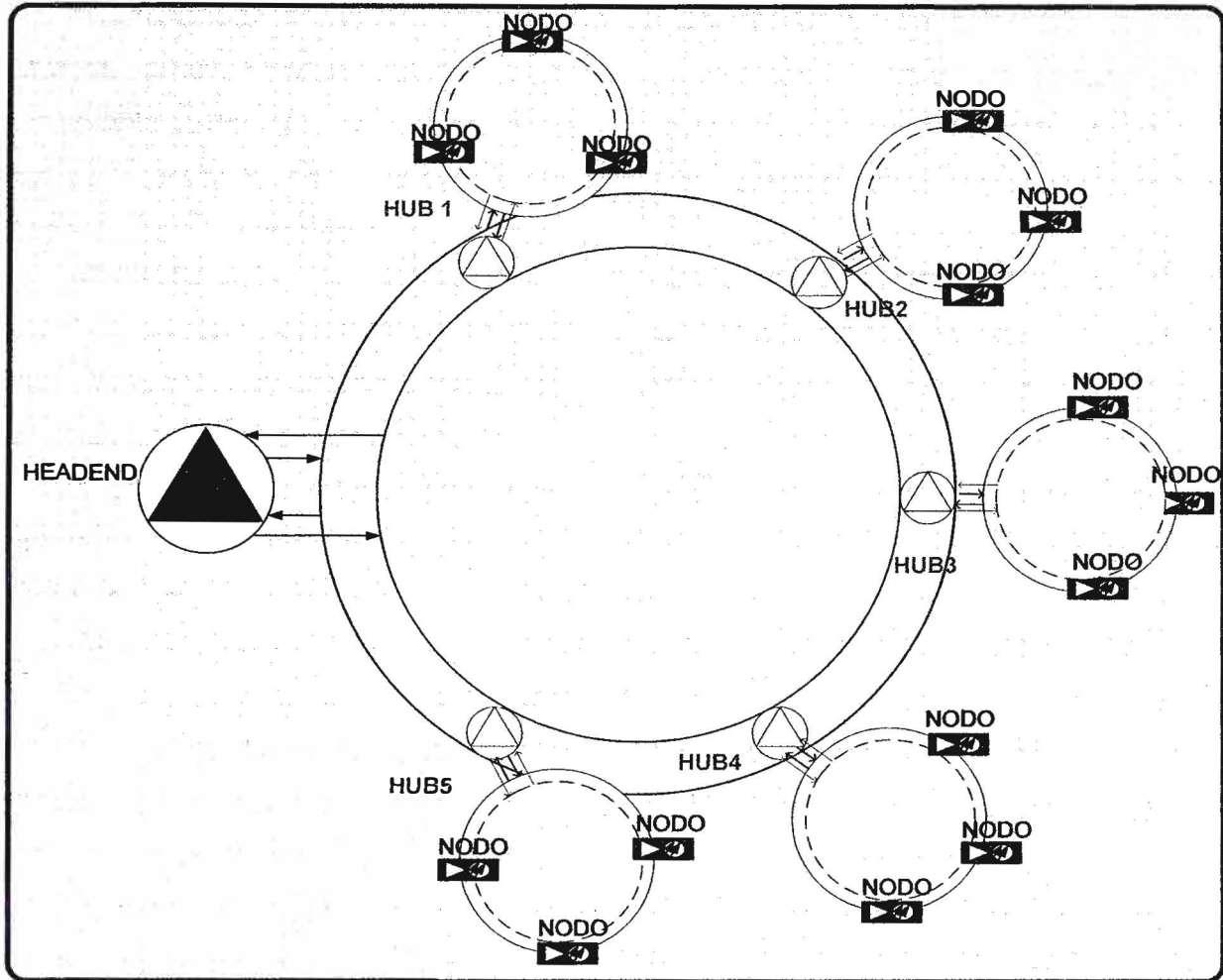


Figura 2.15 Diagrama de anillo entre el headend, hub y nodo

2.6.2 Hubs

Se define al hub como el centro donde se juntan todas las señales para generar RF, información enviada a los decodificadores de video (set-top Box), servicios de datos y telefonía de la cabecera (a través del equipo CMTS), así como también señales de retorno de los set-top Box.

Las señales que llegan al hub están en Gigabit Ethernet. Toda comunicación entre el hub y el headend es realizada a través de IP. A continuación se describirán los siguientes elementos principales:

- Diseño del Gateway de RF (CMTS)
- Flujo de aprovisionamiento de un cable módem

a. Diseño del Gateway de RF (CMTS)

Es la puerta de enlace (gateway) entre el mundo RF e IP para la operación de cable, puede comprender de conexiones Ethernet (u otras interfaces de alta velocidad) en un extremo y conexiones RF coaxiales en el otro. De esta forma, el tráfico que llega de Internet puede ser enrutado mediante la interfaz Ethernet a través del CMTS, y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC.

En este equipo se encuentran conectados todos los cables módems. En la actualidad, estos equipos han evolucionado y ahora poseen funciones avanzadas de enrutamiento y de QoS. Es un equipo que puede ser ubicado en el headend o hub y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, cómo Internet por cable o voz sobre IP a los abonados

El CMTS actúa como el servidor en la relación servidor-cliente entre el CMTS y cable módem. En la parte de abonado el CMTS habilita la comunicación con los MTAS de los abonados. Dependiendo del CMTS, el número de MTAS que puede manejar varia entre 4. 000 y 150.000 o incluso más.

Un hub puede tener entre uno o tres CMTS (a veces más) para dar servicio al conjunto de MTAS que dependen de esa cabecera. El número de CMTS dependerá del número de usuarios y el ancho de banda por usuario.

El CMTS lidera todo los procesos completamente e instruye a todos los cable módems como y cuando transmitir datos, etc. Los CMTS normalmente sólo manejan trafico IP. El tráfico destinado a los MTAS enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transporta en flujo de datos que se modulan en señales QAM.

El tráfico de subida (upstream), datos del MTA hacia la cabecera o Internet) se transporta en tramas Ethernet (no MPEG), típicamente sobre modulación QPSK

Un CMTS típico, permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP. Además, aparte de la IP, también suele asignar la puerta de enlace, servidores DNS, etc. La Figura 2.16 muestra un CMTS de Cisco.



Figura 2.16 CMTS de Cisco

El diseño del Gateway de RF centralizada tiene como ventajas que la gestión es centralizada y no requiere de CMTS en los hubs. Sus desventajas son una peor performance de señales debido a doble transporte analógico (nodo-hub-headend) , y un mayor uso de fibras entre hubs.

b. Flujo de aprovisionamiento de un cable módem

Consta principalmente de seis pasos:

- **Tunning.**- CM busca un canal de tráfico de bajada, sincroniza con QAM, sincroniza FEC y MPEG.
- **Ranging.**- Ajusta los niveles de potencia de CMd
- **Conectividad IP.**- El CM obtiene una dirección del servidor DHCP, así también como la hora del servidor ToD.
- **Configuración.**- Obtiene su archivo de configuración vía TFTP.
- **Registro.**- El cable modem se pondrá en servicio, solo hasta después que se registre con el CMTS Reporta que todos los parámetros de configuración adquiridos sean aplicados.
- **Mantenimiento.**- El cable modem mantiene la comunicación periódica con el CMTS para ecualización, ajuste de niveles de potencia, etc., cuando menos cada 30 segundos.

2.7 La red de distribución

La red de distribución se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados, dentro de esta red se diferencian tres partes:

- Red de distribución coaxial encargada de la conexión del nodo final con el punto de conexión del tap del cliente.

Red de acometida que es el tramo de red al edificio.

- Red interior de cliente esta formado por cable coaxial donde se distribuyen los servicios.

Los cables módems, set-top Box y MTA permiten que las redes HFC sean de transmisión bidireccional transparente; ofrecen al usuario y a otras redes desde la cabecera, interfaces estándar y se conectan a la red HFC mediante un conector de cable coaxial.

Se contemplan una serie de medidas de seguridad, tales como: control de acceso al sistema de cualquiera de los equipos, tanto en los set-top Box como en los cables módems y MTA que son autorizados por el DAC y el CMTA respectivamente.

La arquitectura que se emplea es la de tipo de anillo-anillo, primer anillos que une todos los hub con respectivo headend, y el otro anillo es todos los nodos de un hub con el hub respectivo, cada uno de estos anillo con su redundancia. La Figura 2.17 muestra el

diagrama de distribución de la señal.

El esquema de distribución se va explicar de la siguiente manera:: 1) los elementos activos y 2) los elementos Pasivos.

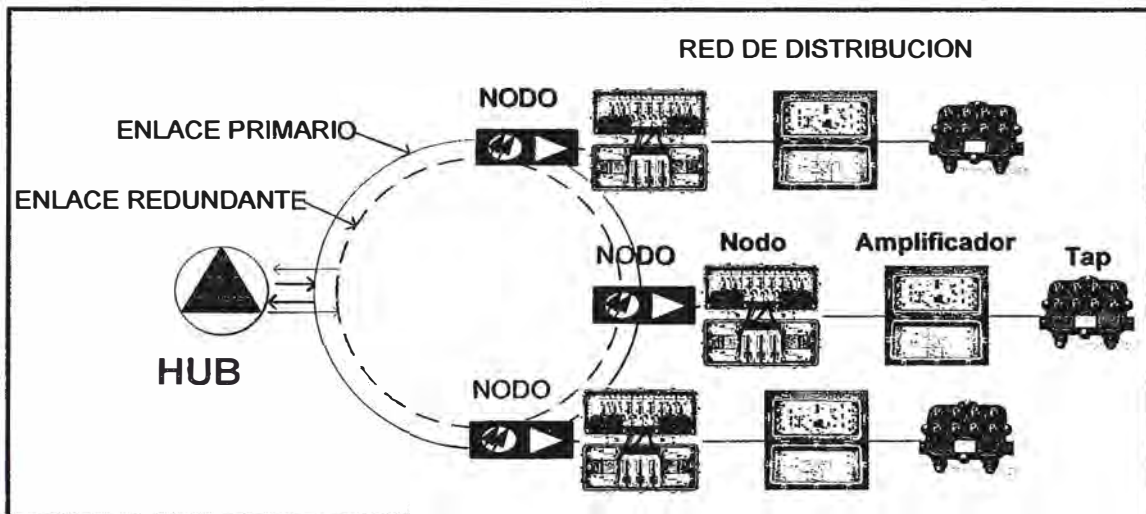


Figura 2.17 Distribución de la Señal

2.7.1 Elementos activos

Los elementos activos son los que requieren energía para funcionar. Entre ellos tenemos los siguientes equipos:

a. El Nodo óptico

Es un dispositivo encargado de realizar la conversión de las señales ópticas provenientes de los hubs en señales RF para su posterior transporte por los cuatro ramales del nodo óptico. Cada nodo tiene una cobertura aproximada de 4000 abonados. Ver Figura 2.18.

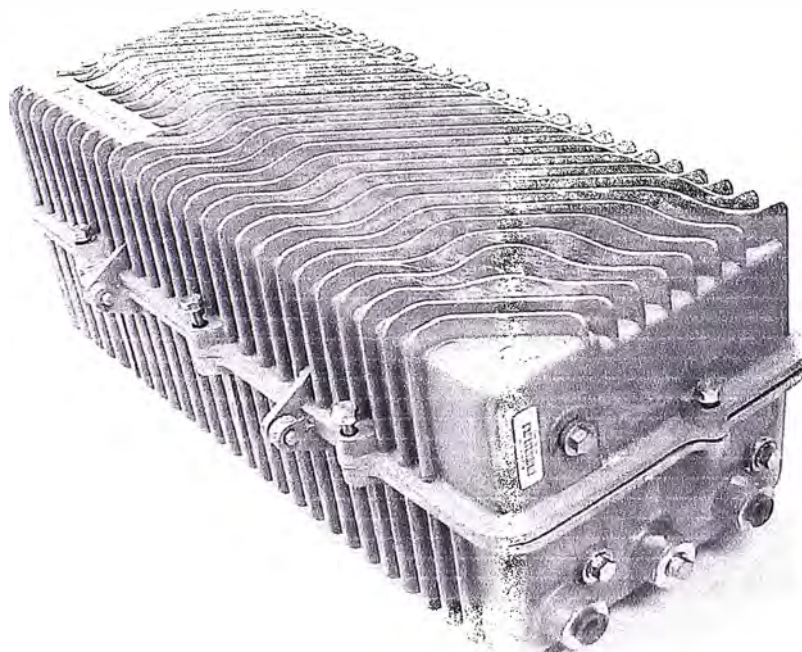


Figura 2.18 Nodo óptico

Cada transmisor de un nodo de retorno digital ofrece TDM que se pueden multiplexar utilizando multiplexación por división en longitudes de onda densas (DWDM).

Nota:

DWDM, de sus siglas en inglés (Dense Wavelength Division Multiplexing), es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).

b. Amplificador

Son usados para reamplificar la señal de RF luego que la señal ha sido atenuada por el cable coaxial y los dispositivos. Las tecnologías usadas en amplificadores son: push-pull, parallelhybrid-device (PHD) y feedforward.

Los amplificadores no pueden configurarse en cascada infinitamente puesto que el ruido térmico se incrementa así como las distorsiones en las señales que son amplificadas, a la larga esto degrada la calidad de la señal hasta que sea inaceptable, las mejoras en los amplificadores básicos son importantes para mejorar la calidad de la señal. Existen cuatro tipos y serán descritos a continuación:

Amplificadores Troncales (Trunk).

Amplificadores tipo Puente (Bridger).

– Amplificadores Extensores (Line Extender).

Amplificador tipo BT

b.1 Amplificadores troncales (Trunk)

Son empleados para transportar señales a largas distancias (por lo general compensan las pérdidas del cable). Típicamente se instalan en cascada “una después de otra” por lo que su performance de ruido y distorsiones debe ser mejor que el de otros tipos de amplificadores.

Tienen un control automático de nivel (ALC) para compensar las pérdidas del cable debido a variaciones de la temperatura. Sus características son

Entrada: 11-14 dBmV

Salida: 33-36 dBmV

Tilt: 3-6 dB

b.2 Amplificadores tipo puente (Bridger)

Se emplean para elevar los niveles de la señal en la etapa de distribución (en su mayor parte debido a las pérdidas en los elementos pasivos).

Estos amplificadores elevan la señal más alta que los niveles requeridos a fin de que la salida pueda ser distribuida a las diferentes rutas que se deseen.

Raramente son instalados en cascada y se ubican por lo general a continuación del amplificador troncal, tienen bajo ruido térmico y el desempeño de distorsión es aceptable. Sus características son:

- Entrada: 18 dBmV
- Salida: 46 dBmV
- Tilt: 7 dB

b.3 Amplificadores Extensores Line Extender

Recuperan los niveles de señal luego de un amplificador bridger (debido a pérdidas pasivas). Estos amplificadores son de bajo costo y baja performance, por lo general es el último o penúltimo amplificador de una cascada. Típicamente alimenta un tap del cual sale el cable de acometida al hogar. Sus características son:

- Entrada: 18 dBmV.
- Salida: 46 dBmV.
- Tilt: 7 dB.

b.4 Amplificador BT

Amplificador de telecomunicaciones de banda ancha, o BTA de sus siglas en inglés "Broadband Telecommunications Amplifier". Acepta una sola entrada y obtiene una alta ganancia operativa. Sus características son:

- Pérdida de retorno de 16 dB
- Voltaje de entrada 60/90 AC
- Capacidad de operación de 2 vías
- Punto de prueba acoplador bidireccional de -20 dB.
- Versión de Alta Ganancia de 40 dB

Se tiene una variedad de tipo de amplificadores de dos, tres y cuatro salidas. Ver Figura 2.19, Figura 2.20 y Figura 2.21.

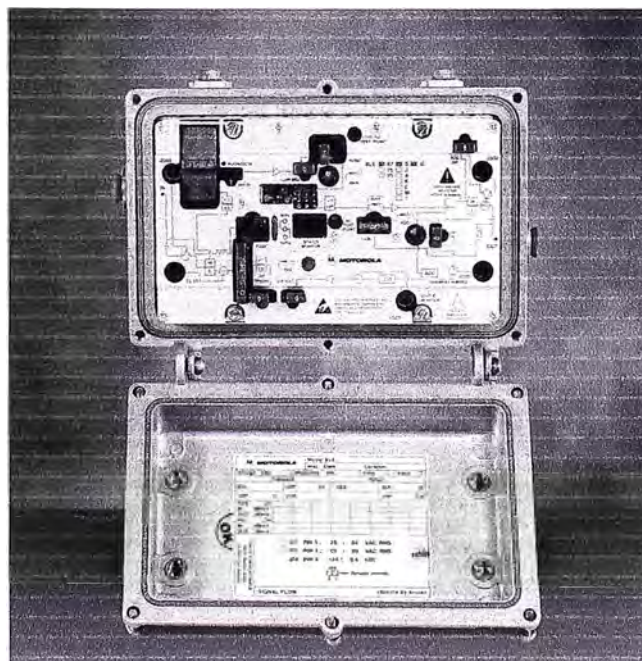


Figura 2.19 Amplificador de una salida

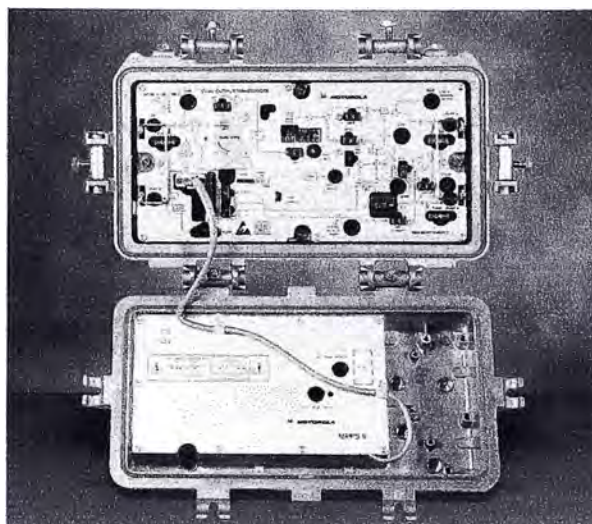


Figura 2.20 Amplificador de tres salidas

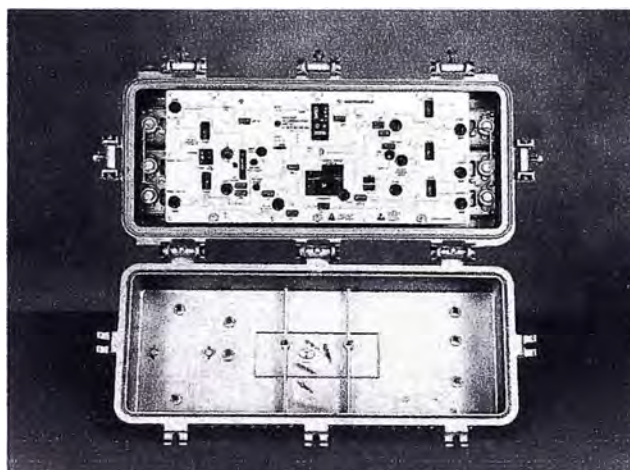


Figura 2.21 Amplificador de cuatro Salidas 'Bridger'

Los elementos a usar para el respectivo balanceo y para obtener la salida adecuada son los atenuadores y acopladores. Ver Figura 2.22.

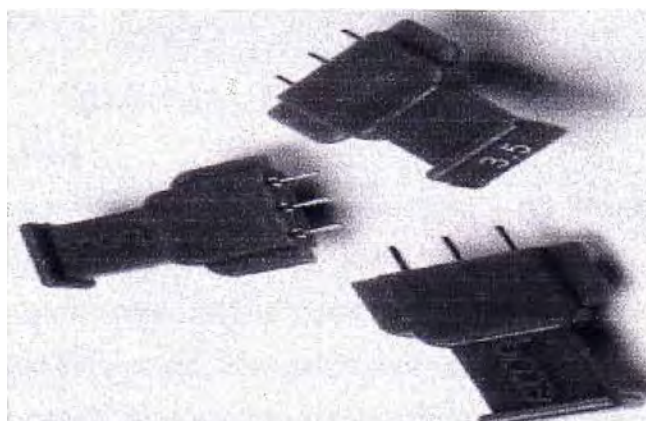


Figura. 2.22 Atenuadores

c. Fuentes de Alimentación

Los amplificadores RF (ver Figura 2.23) y los nodos requieren de energía AC para su operación. Las fuentes de alimentación son las encargadas de alimentar todos los elementos de la red coaxial considerando las caídas de tensión en el cable coaxial.

Emplean tensión de forma de onda cuasi-cuadrada para una transmisión de potencia mas efectiva, como la alimentación primaria es de la red 220Vac deben poseer cierta regulación de la línea.

Existen fuentes de 60 Vac/60 Hz, ó 90 Vac/1 Hz, ó 145 Vac/1 Hz. La tensión de 90 VAC es cada vez más empleada por la exigencia de trabajar con anchos de banda cada vez mayores.

Las fuentes de alimentación que abarca todo un nodo, son del tipo Standby y No standby. Esto se refiere a que puede incluir baterías que pueden proporcionar de tres a cinco horas para que el proveedor pueda tener el tiempo necesario para dar solución al inconveniente con el corte de energía eléctrica y no se corte la señal que se brinda a los abonados, estos tipos de respaldos usan UPS (Uninterruptable Power System).

Para alimentar a los amplificadores de cada uno de los ramales del nodo óptico, se inyecta tensión a través de los cables RF.

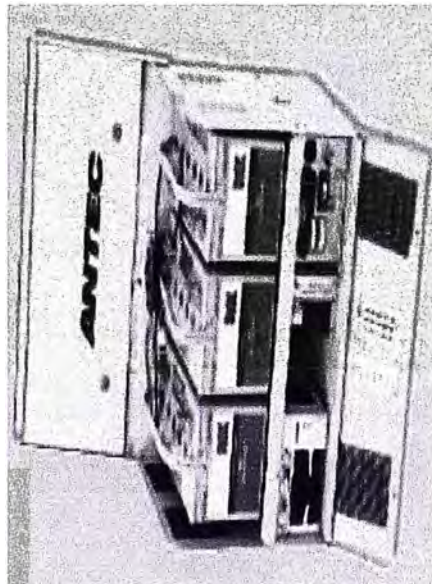


Figura 2.23 Fuentes de alimentación

2.7.2 Elementos pasivos

Los elementos pasivos no proveen ganancias, y no requieren alimentación. Sus características son: buen ancho de banda, poseen pérdidas de inserción, pérdidas de retorno, brindan aislamiento entre salidas, gran capacidad de manejo de corriente AC.

Se consideran los siguientes elementos pasivos:

- **Ecuador.**- Compensa la variación de las pérdidas debido a la frecuencia en los amplificadores. Se destaca el ecualizador de retorno, usado para compensar las diferencias de niveles de señal por efecto de la atenuación a las diferentes frecuencias de la banda de retorno.

- **Cargas.**- resistencias de 75 ohm para cerrar salidas no empleadas. El divisor de FM, permite la conexión de un receptor estereofónico.
- **Splitters.**- Es un componente que divide la señal de entrada en dos partes iguales. En su posición inversa funciona como combinador. Ver figuras 2.24 a 2.28.
 - o Se caracteriza por sus pérdidas de inserción en dB, pero proveen gran aislamiento entre sus puertas de salida.
 - o Teóricamente un divisor de 1:2 tiene una pérdida de 3 dB, en la práctica varia entre 3.5 y 4 dB debido a las pérdidas internas y las de conexión
 - o Existen splitters de interior y de exterior
 - o Se permiten conseguir divisores de tres y cuatro vías mediante la combinación de divisores de dos vías.

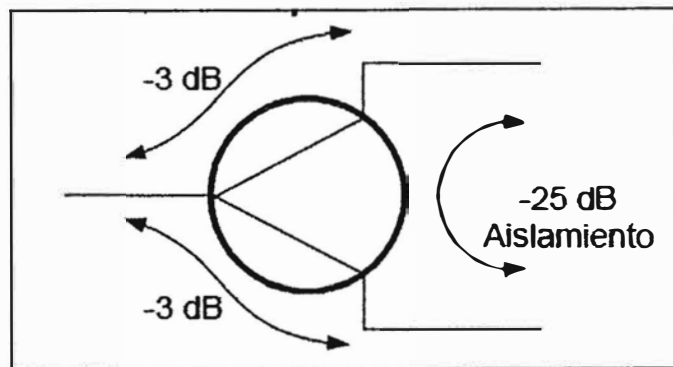


Figura 2.24 Splitter ideal

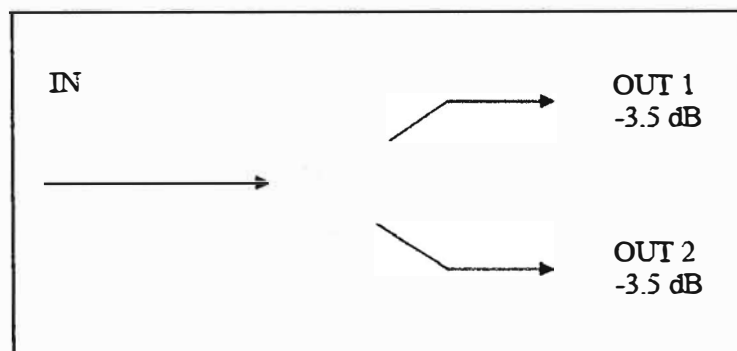


Figura. 2.25 Splitter real 1:2

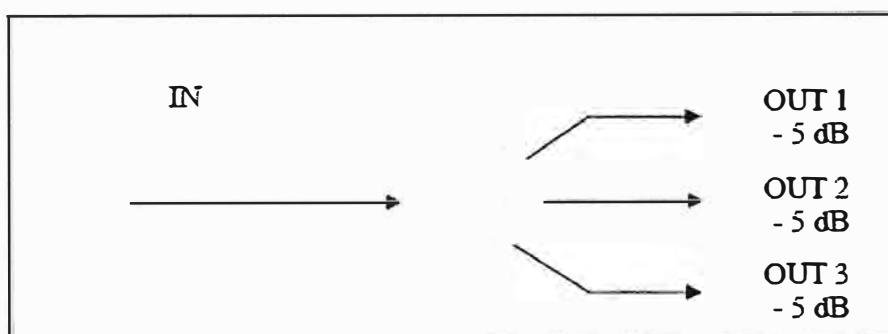


Figura 2.26 Splitter 1:3 simétrico

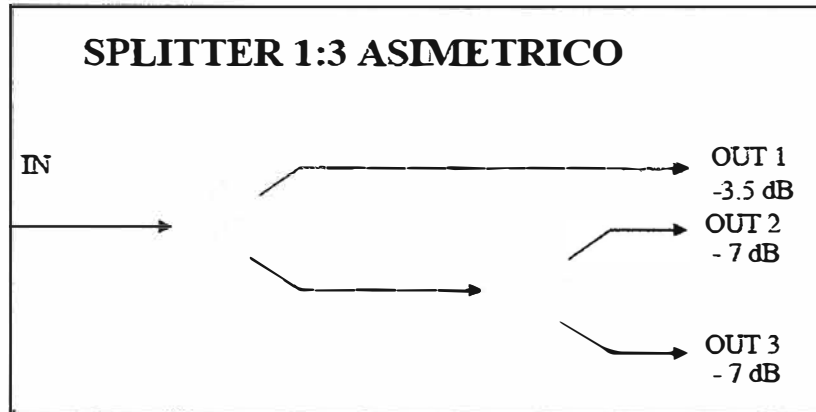


Figura 2.27 Splitter 1:3 asimétrico

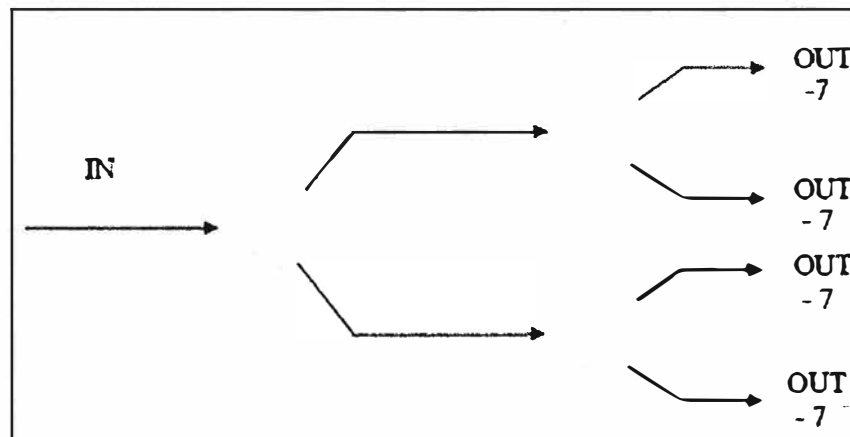


Figura 2.28 Splitter 1:4

- **Acoplador direccional.**- Un acoplador direccional o derivador es un splitter especial en donde las salidas están desbalanceadas para proveer una salida (brazo) más atenuada que la otra salida. Se emplea cuando sólo una fracción de la señal RF de entrada se desea dirigir a otro sentido.

Los splitters y acopladores direccionales ideales básicamente son divisores de potencia que no consumen señal, es decir que la suma de la potencia de todas sus salidas es igual a la potencia de entrada del dispositivo, en la práctica tienen pérdidas (aprx. 0.5 dB).

Este acoplador también puede ser usado en posición inversa y tendrá más pérdidas de señal en uno de los brazos. Ver Figura 2.29, Figura 2.30, Figura 2.31.

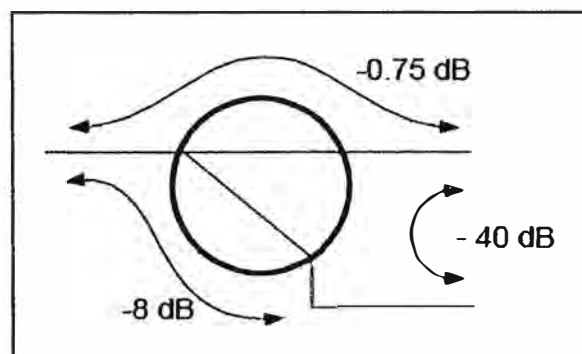


Figura 2.29 Acoplador direccional típico

Cuanto mayor es la potencia derivada, mayor será la pérdida de inserción. La principal característica de este dispositivo, es la direccionalidad.

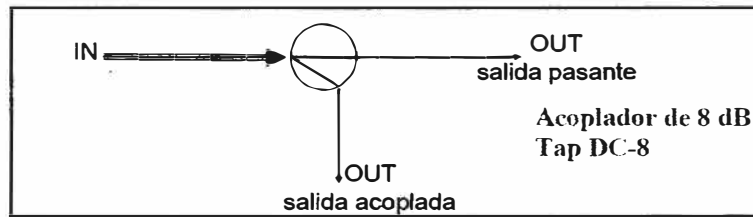


Figura 2.30 Acoplador de 8 dB.

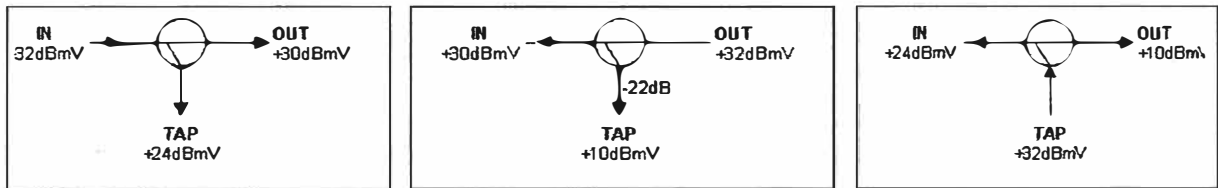


Figura 2.31 Acopladores

- **Taps.-** Los taps son dispositivos pasivos que dividen una porción de la señal de entrada en múltiples salidas, un tap es la unión de un splitter y un acoplador direccional. Una combinación entre los elementos anteriores da lugar al Tap. Este dispositivo es el nexo entre la red de distribución y el abonado, vía la bajada del cable coaxial hasta el receptor de TV. Ver Figura 2.32 y Figura 2.33.

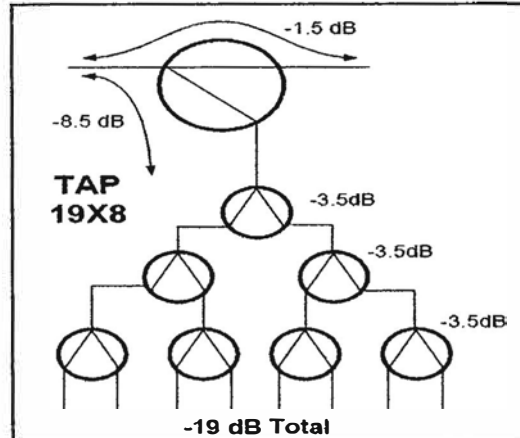


Figura 2.32 Tap 19x8

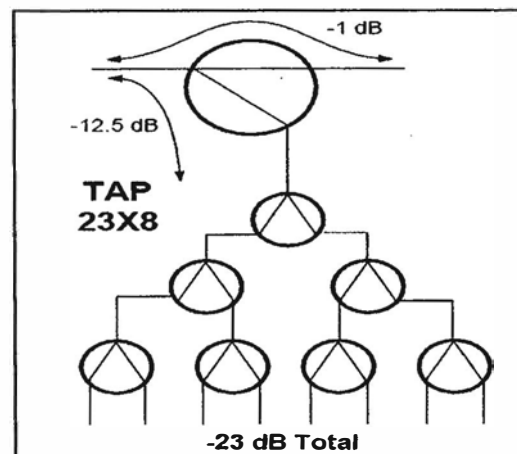


Figura 2.33 Tap 23x8

- **Cable Coaxial.**- Es un tipo de cable con dos conductores metálicos que comparten el mismo eje y están separados por un material dieléctrico no conductor. Consiste de un conductor central, aislante dieléctrico, blindaje conductor y cubierta protectora opcional compuesta por elementos pasivos y activos.

Su ancho de banda es de 5 a 1000 MHz Existen cables coaxiales para enlaces troncales y de distribución

El cable coaxial tiene una baja resistencia (impedancia de 75 ohms) lo que permite enviar energía para obtener el máximo voltaje de transmisión es el que vamos usar para el esquema propuesto. Los cables pueden ser:

- o **Flexibles.**- Usado para las bajadas a abonados desde los Taps, generalmente cables RG59, RG6 y RG11. Pueden ser del tipo simple, doble o cuádruple mallado (mejor blindaje). Pueden incorporar para su tendido un "portante", el cual sirve para sujetar al cable en caso de tendidos aéreos, en nuestro caso usaremos RG6.
- o **Semiflexibles.**- El tipo de conductor externo es semirígido ya que no son pequeños conductores trenzados sino es un "tubo" de aluminio (mejores cualidades mecánicas). Empleado para el tendido de redes troncales y de distribución a abonados (0.412, 0.500, 0.750 y 1").

La atenuación del cable coaxial depende del diámetro (Resistividad), longitud, temperatura y frecuencia.

2.7.3 Red de abonado

La red de abonado abarca desde el tap hasta el cliente, y puede constar de un splitter para varios set-top Box y cable módems, dependiendo del requerimiento del cliente. (Figura 2.34).

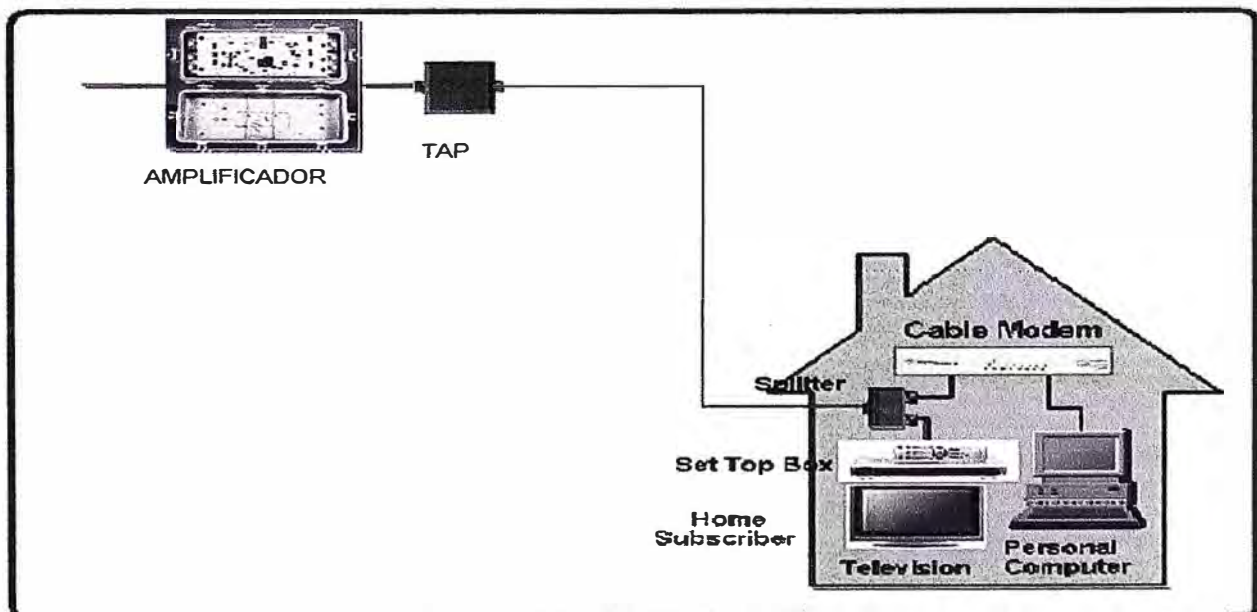


Figura 2.34 Instalación de lado cliente

La red del abonado emplea cables muy flexibles del tipo RG11 o RG6 de longitud máxima de 60 metros con una pérdida de 6 dB que se va tener en cuenta para los niveles adecuados para que el cable módem pueda funcionar adecuadamente, y que en el tráfico de bajada los niveles de SNR estén por encima de 35 dB.

Al aplicar la ecualización de retorno en el tap se reducen los efectos de las señales no deseadas. La ecualización en el tap provee el mayor beneficio para reducir señales no deseadas. Los taps de baja atenuación permiten mayores señales no deseadas

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Este capítulo expone la ingeniería del proyecto. Está dividido en las siguientes secciones: 1) Diseño de la cabecera, 2) Interconexión equipos de la cabecera, 3) Diseño de la red troncal, 4) Implementación en el hub, 5) Diseño de la puerta de enlace de RF, 6) Diseño del enrutador de llamadas, 7) Diseño de la red de distribución y 8) Marco legal.

3.1 Diseño de la cabecera

Como fue descrito en el capítulo II, la cabecera es la encargada de recolectar y generar todas las señales de video para su posterior digitalización, compresión y multiplexación, enviándolas luego hacia el hub a través de la red de distribución IP.

El objetivo es recolectar las señales de video de diferentes tipos de proveedores que brindan servicio. La mayoría de estos servicios son hechos a través de satélite. La primera parte es diseñar la etapa de recepción.

Antes de implementar cada uno de los procesos que comprende la cabecera, primero se debe determinar su ubicación ideal. Se debe tener en cuenta que el objetivo es brindar el servicio a Lima y que en ella se ven muchos edificios que dificultan la recepción de la señal cuando se despliegan antenas parabólicas.

La ubicación debe estar fuera de la ciudad de Lima o en un lugar en donde no haya edificios. Uno de estos sitios puede ser Villa El Salvador, Villa María del Triunfo o un Lurín. La elección se debe realizar de acuerdo condiciones económicas de cada empresa que va implementar la red HFC.

3.1.1 Diseño de la etapa de recepción

El diseño de la etapa de recepción requiere conocer con todo detalle cuales son los servicios de video que van a ser ofrecidos a los suscriptores. El proveedor de cada uno de estos servicios determinará si se han de usar receptores para múltiples servicios (DigiCipher) o receptores para un único servicio (PowerVU, DBV). En unas pocas ocasiones podrán usarse receptores para servicios cuando el formato no es DigiCipher.

Para que puedan usarse receptores de múltiples servicios con otros formatos diferentes a DigiCipher se requiere que el servicio tenga las siguientes características:

- Video MPEG-2.
- Audio Dolby AC3 (No Musicam).

Los llamados formatos de codificación o encriptado son variantes que cada cual emplea usa y manipula a su antojo, según le convenga. Es el caso de Direct TV que usa un sistema propio de ellos que nadie más puede usar.

Los fabricantes de los equipos de Scientific Atlanta han confundido a la industria con el llamado formato PowerVu, que no es otra cosa que el MPEG-2 tal y como lo conocemos

DigiCipher 1 y 2, son variaciones muy malas del MPEG-2 al cual la antigua empresa General Instrument (GI) le adaptó ciertos componentes y los varió a su forma actual lanzándolo bajo la marca DigiCipher que primero fue el formato 1 y luego el DigiCipher 2.(DCII) que es usado por Motorola 4DTV.

Para el presente diseño se tomará como referencia el receptor PowerVu (ver Figura 3.1), que la mayoría de proveedores utiliza. Se contará con un receptor por cada servicio, el receptor tendrá la entrada de antena (Banda L, conector coaxial) conectada a la antena correspondiente y tendrá una salida de audio y video analógica en banda base.

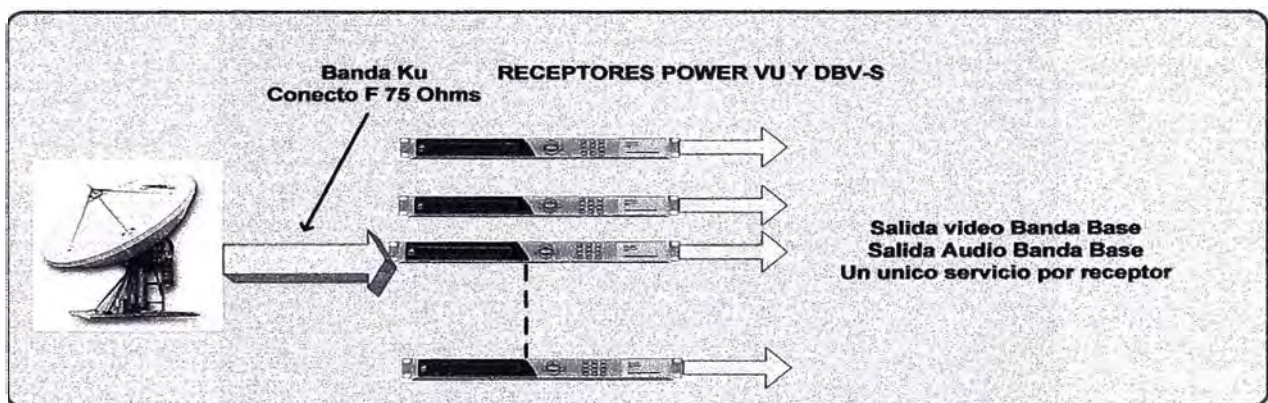


Figura. 3.1 Receptor PowerVu

Para los servicios que son DigiCipher (receptores con multiservicio) se utilizará la arquitectura descrita en la siguiente sección (ver figura 3.2).

3.1.2 Interconexión de equipos de la cabecera

Se conectarán a la antena correspondiente en cada salida asincrona. Luego de obtener la autorización de recepción de canales, se tendrá un múltiplex MPEG-2.

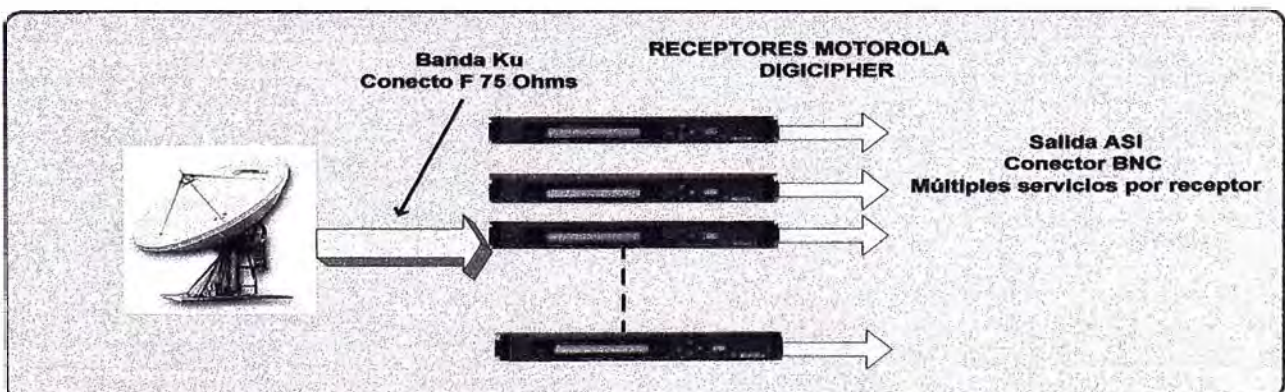


Figura 3.2 Receptor DigiCipher

3.1.3 Diseño de la antena satelital

Las bandas que se utilizan para satélite son las bandas C (frecuencias de 3,7 a 4,2 GHz) y Ku (frecuencias de 10,70 a 12,75 GHz). La potencia de emisión para las de para la recepción de la banda C es relativamente débil comparada con la de Ku para lo cual se necesitan antenas parabólicas de gran tamaño.

Para el diseño se debe conocer cuales son los canales que se va a recibir. Depende del proveedor que tipo de servicios o paquetes de canales se va a brindar al suscriptor. Conociendo cuales son los canales que se va a brindar, el siguiente paso es elegir el satélite al cual se apuntan las antenas parabólicas (ver Figura 3.3).

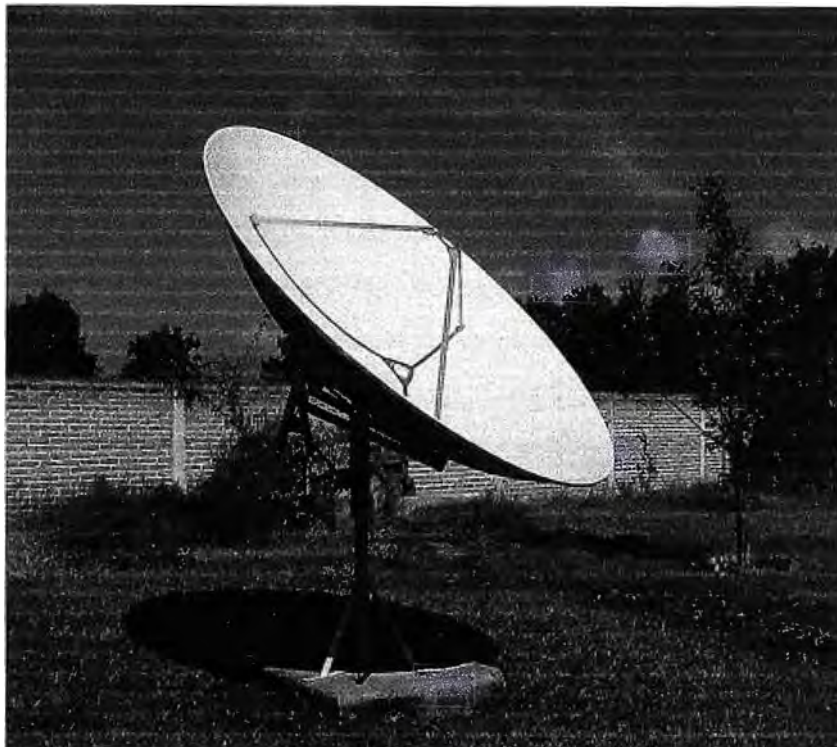


Figura. 3.3 Antena satelital

La antena que se va instalar es una antena parabólica de 5 mts de diámetro construida de aluminio templado, con una base de acero para que se encuentre fija. Las características de la antena son mostradas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Características de la antena parabólica

Características Principales de Antenas Parabólicas para banda C			
Diámetro	3.00 metros	4.00 metros	5.00 metros
Relación F/D	0.30	0.30	0.30
Ganancia de banda C	39.7 dB	42.19 dBi	44.13 dBi
Ganancia de banda Ku	49.2 dB	51.73 dBi	57.82 dBi
Distancia focal			
Profundidad de la parábola	0.90	1.20 metros	1.50 metros
Numero de secciones	8	12	12
Sustentación	Tipo Az/E1	Base de acero	Base de acero
Peso aprox. del plato	36.000 Kgs.	72.000 kgs	130.000 Kgs
Peso aprox. de la base	38.000 Kgs.	80.000kgs	80.000 kgs.

Se tomará como referencia los canales que se desean captar (ver anexo A), Esto es relativo porque va a depender de la empresa que va a implementar la red HFC.

La empresa Digital Latin America (DLA), distribuidora de contenidos presente en 23 países de América Latina y el Caribe, anunció una selección especial para cerrar el año con las películas más taquilleras, a través de sus servicios Pay Per View (PPV) y Video On Demand (VOD), con el fin de entregar el mejor contenido para los cable operadores de América Latina. Esta empresa instrumenta el sistema Pay Per View, por el cual el usuario podrá ver películas que figuran en 16 canales (tres de ellos con productos para adultos) mediante el pago de un adicional por película. Si bien los precios de estos servicios están aún establecidos.

A través de DLA se ofrecerá adicionalmente un paquete con cincuenta canales de música digital DMX, compuestos por estilos musicales: alternativa, ambiental, bailables en español, bailables en inglés, big band, swing, blues, carnaval brasileño, country, cumbia, éxitos de los '70, etc. DLA incluye The Soundtrack Channel, canal de videos musicales de películas y bandas de sonido, de reconocida calidad en audio y video.

Conocidos los canales que se van a recepcionar debemos buscar cual satélite los provee. En la siguiente pagina: <http://www.lyngsat-address.com> se encuentra información de cada uno de los canales de televisión y que satélite lo esta proporcionando. Con la información obtenida se decide apuntar las antenas a los siguientes satélites: Satmex5, Intelsat 1R, Intelsat 805 y Hispansat, NSS 806, Intelsat 3, e Intelsat 9. Las antenas se conectan a un Splitter de Banda L 1x32 o a un Splitter Banda L 1x16, la salida del Splitter alimenta los receptores correspondientes.

El siguiente paso después de conectar los receptores hacia los splitter, se realiza la configuración de cada uno de los receptores. Se toma cómo referencia el Universal Channel transmitido por el satélite INTELSAT 9. Los parámetros que se requiere configurar en el receptor para recibir esta señal son: 1) Canal: Universal Channel, 2) Sistema de encriptación: PowerVu, 3) Frecuencia: 3720 Mhz Vertical, 4) SR-FEC/SID-VPID: 27690-7/8

Este canal no es gratuito. Para acceder a él se debe contactar con el proveedor y brindar la Unit Address del receptor para que autorice y brinde la clave para poder recibir la señal respectiva. De esta misma forma se procede para recibir la señal de los demás canales.

Nota:

Unit Address es equivalente a MAC Address. En redes de computadoras la dirección MAC (Media Access Control o control de acceso al medio) es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una ethernet de red. Cada dispositivo tiene su propia dirección MAC determinada y configurada por el IEEE (los últimos 24 bits) y el fabricante (los primeros 24 bits).

Una vez que se haya contactado con los proveedores y que ellos brinden la autorización, se empezará a recibir la señal de video de los canales que se quiere transmitir. De la misma forma se puede recibir los canales HD con sus respectivos Receptores.

3.1.4 Canales HD

Telmex tiene cómo objetivo brindar este servicio al público. Empresas de Cable ya están brindando este servicio con uno o dos canales HD.

En la página <http://www.lyngsat-address.com> se da información de los proveedores que prestan este servicio en formato HD. El sistema de encriptación que se esta empleando para canales HD es DVB, MPEG-4/HD o PowerVu.

Se toma cómo ejemplo la señal de Movie City HD a través de satelite Intelsat 11. Se verifica que el formato que se está encriptando es el DVB, MPEG-2/HD y PowerVu, configurando el receptor para poder recibir la señal en formato HD.

3.1.5 Diseño para la recepción de canales locales

Las bandas utilizadas son VHF y UHF asignadas para televisión señal abierta, estas se encuentran reguladas por el MTC. Ver en la Tabla 3.2 los canales disponibles.

Tabla 3.2 Canales locales

Banda	Canal	Portadora visual (MHz)
VHF	2	55.25
VHF	4	67.25
VHF	5	77.25
VHF	7	175.25
VHF	9	187.25
VHF	11	199.25
VHF	13	211.25
UHF	15	477.25
UHF	17	489.25
UHF	33	585.25

Las señales VHF y UHF se recibirán haciendo uso de una antena Yagui, una para cada canal. El cable para el transporte de estas señales es coaxial tipo RG-6 o similar, conector F de 75 OHMS. La antena Yagui se conecta a un demodulador VHF-UHF, para luego ser conectado a un encoder.

3.2 Interconexión de equipos de la cabecera

El cable coaxial es menos caro que la fibra óptica y es ideal para la interconexión de de los equipos en cabecera digital. Sin embargo, la atenuación del cable coaxial se limita al alcance de unos 5 metros.

La fibra óptica es más cara que el cable coaxial pero tiene mas alcance, la fibra multimodo tiene un alcance de hasta 100 kilómetros, pero no se puede utilizar por si sólo requiere de transceptores de fibra.

3.2.1 Encoders

Es el equipo encargado de digitalizar el video que viene del receptor en formato NTSC y luego enviado al multiplexor. Se elige el SE-1010 de Motorola. Ver Figura 3.4.



Figura 3.4 Encoder SE-1010

Este equipo posee las siguientes características:

- Opera con señales analógicas NTSC, PAL-B, PAL-N, PAL-M.
- Soporta distintos niveles de resolución
- Soporta distintos tipos y niveles de compresión
- Tiene una entrada digital de video (625 o 525 SDI)
- Soporte de Audio Dolby y Musicam
- Soporta distintas tasas de compresión
- Soporta distintas tasas de muestreo

3.2.2 Multiplexor

Es el equipo encargado de realizar el multiplexado en tramas de transporte, codificación y compresión de audio y video a través del estándar MPG2.

Las alternativas para los equipos de multiplexado son el TMX 2010 y el Cherrypicker (ver Figura 3.5). Para el diseño se elegirá el Cherrypicker debido a que permite multiplexar la señal de entrada que proviene del satélite, la señal de encoder local, los servidores de video y dinámicamente las rutas seleccionadas de los programas, agrega señales de video sobre formato DHEI, DVB-ASI, ATM, Fast Ethernet, y Gigabit Ethernet (GigE).

Una vez que son recibidas todas las señales, ya sean las provenientes de los satélites, las locales, etc., estas son mezclados, comprimidas y codificadas para enviarlas a los hubs respectivos de cada distrito a través de IP. Los paquetes MPEG-2 transport streams en paralelo con modulación de 256QAM para video permiten juntar 4 canales high definition (HD) en un canal.

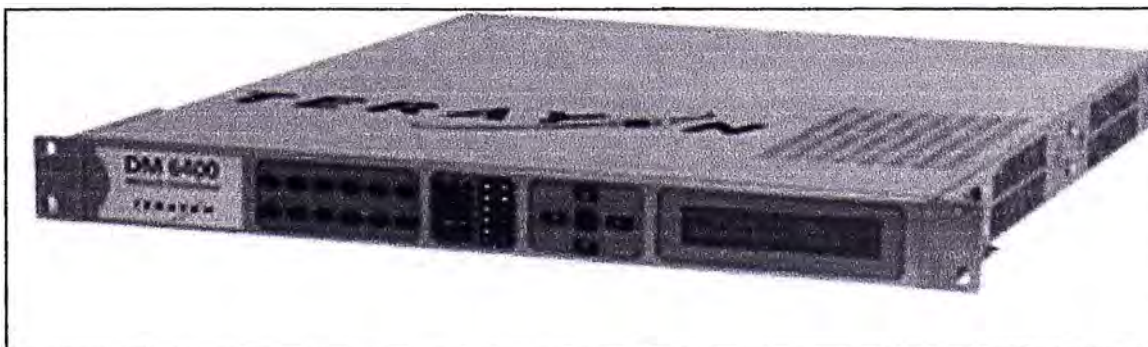


Figura 3.5 Cherrypicker

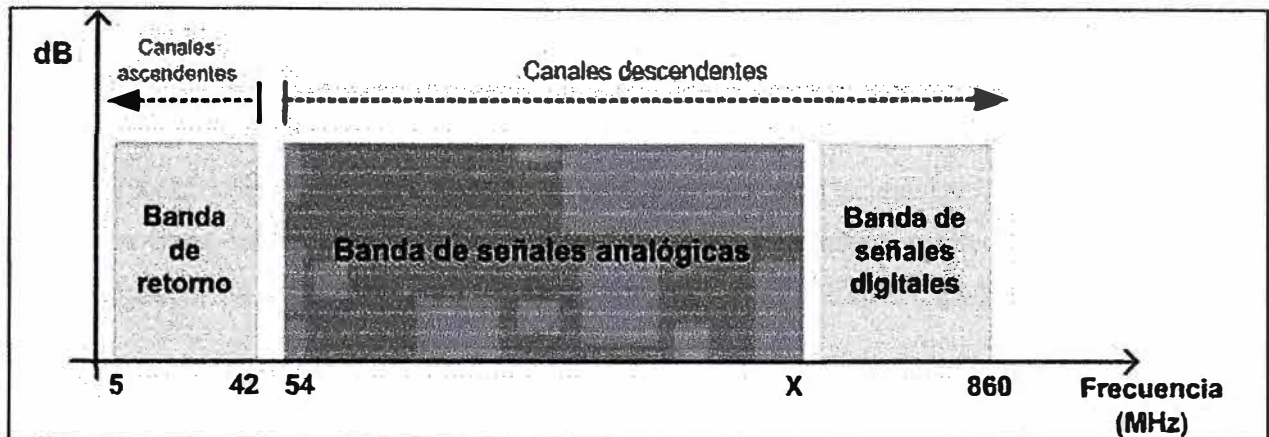


Figura 3.6 Diagramas de Frecuencias

3.2.3 Frecuencias de la red HFC

Una vez que las señales son receptionadas, procesadas y reunidas, estas son moduladas en una respectiva frecuencia. El diseño requerido parte de las consideraciones generales mostradas en la Figura 3.6, en un ancho de banda de todo el espectro de 1GHz.

3.2.4 Sistema de control de acceso

El paso previo desarrollo todo el procesamiento de la señal. Ahora debe ser incluido un control de acceso al sistema que sería facilitado desde la cabecera para lo cual es necesario una supercomputadora que facilite el control de acceso al sistema, así como también para el sistema de generación de claves y para el sistema de direccionamiento de los Set-top Box. También incluye un sistema de facturación o Billing).

El sistema de Acceso Condicional (CAS) es el elemento clave del sistema digital. Por dicha razón su invulnerabilidad es fundamental para un lanzamiento exitoso de TV digital por cualquier empresa que implemente la infraestructura HFC.

Con el propósito de elegir el equipo que se encargue del sistema de acceso, se elige al DAC de Motorola que usa Acceso Condicional MediaCipher que ha demostrado su invulnerabilidad por más de 15 años, y ha sido galardonado con los Emmy Awards en reconocimiento a su ayuda en la protección de contenido de la señal de video.

3.2.5 DAC (Controlador de Acceso Digital)

Son una serie de aplicaciones de software de Motorola que operan en una poderosa estación de trabajo poseedora de múltiples conexiones de red de alta velocidad y alta capacidad de Entrada/Salida. El DAC provee la operación central para coordinar funciones entre todas las unidades del sistema de Motorola. Es el punto central de la información esencial de la red, es decir, entradas de nombre de servicios de TS (Transport Stream o Flujo de Transporte), módulos de software de Set-top Box, nombre de servicios encriptados, identidades de Set-top Box y asignación de frecuencias de salida (ver Figura 3.7).

El DAC provee el aprovisionamiento y administración distribuyendo mensajes singlecast, multicast y broadcast a los servidores RADD vía transmisiones cíclicas a través de la red.

El DAC almacena los objetos a descargar, y son enviados a un servidor RADD específico para hacer esta descarga a la comunidad de Set-top Box. La calendarización de la descarga es administrada por un conjunto de condiciones lógicas que se definen en el DAC.

Nota:

RADD es un servidor remoto cuya función es la de realizar las tareas periódicas relacionadas a los decodificadores: descarga de aplicaciones, recolección de compras, etc.

El sistema del DAC-6000 puede ser diseñado a escala en varias dimensiones. La primera y más crítica es la habilidad de agregar RADDs a medida que el sistema de cable crece. El RADD hoy en día puede soportar un máximo de 250,000 Set-top Box digitales con una recomendación típica de 100,000 Set-top Box en dos vías. El DAC tiene limitaciones en cuanto al número de RADDs que pueda soportar.

El límite de 250,000 STBs para un RADD es basado únicamente en el tamaño de memoria de la plataforma del RADD, pero no es una restricción en firme, por lo que en un futuro si se necesita mayor cantidad de usuarios pueden usarse futuras versiones del servidor de HW correspondiente (actualmente se soporta el SUN V100 ó V120).

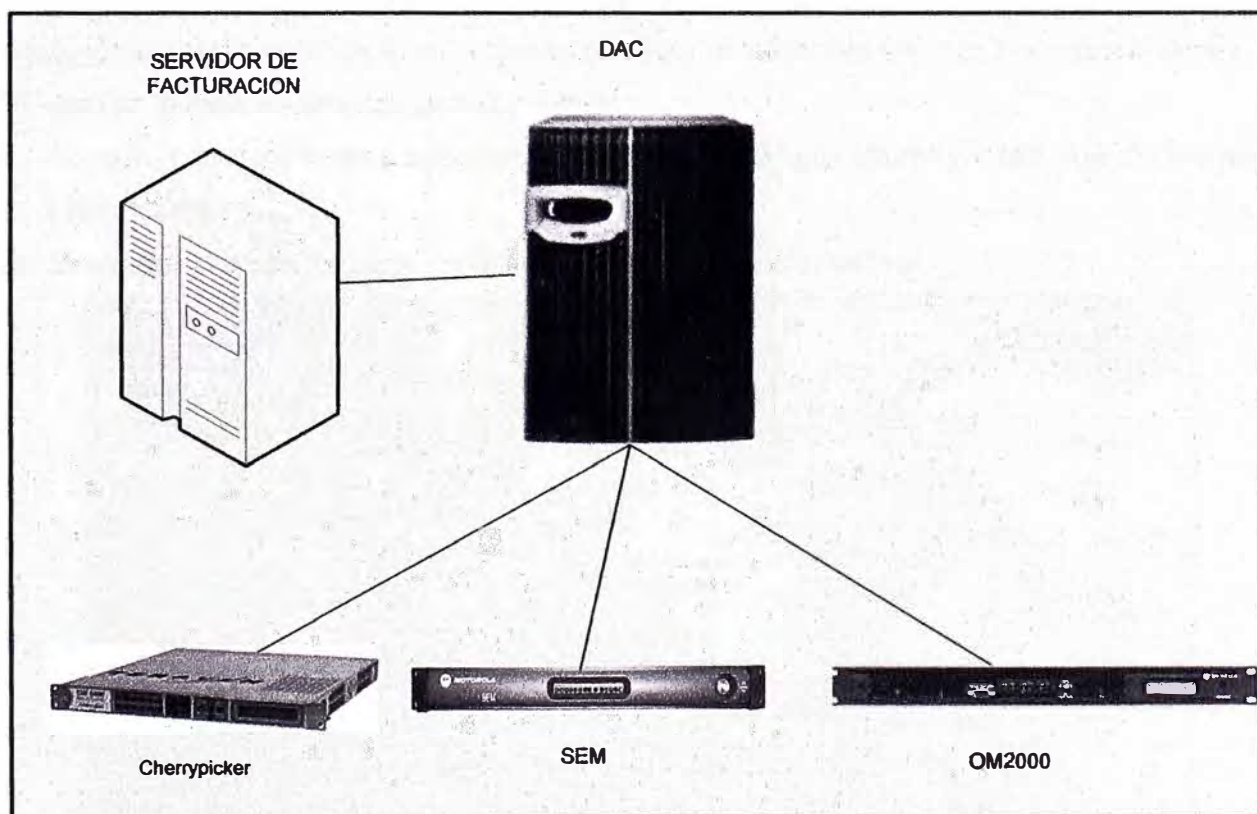


Figura 3.7 DAC (Controlador de Acceso Digital)

3.3 Diseño de la red troncal (Transporte)

La cabecera principal, cuya función es recepcionar todo tipo de señal de video para luego procesarla es distribuida en formato Multiple Program Transport Stream (MPTS) hacia el hub.

Nota:

MPTS es cuando hay más de un programa multiplexado en un único flujo de transporte. Puede contener varios programas de TV codificados con diferentes niveles de compresión, dependiendo del tipo de imágenes que contengan (retransmisiones deportivas, dibujos animados, cine en blanco y negro, etc.). En su contraparte, SPTS (Single Program Transport Stream) es cuando el flujo de transporte contiene únicamente un programa, una combinación simple de audio y vídeo.

El diseño de la red de transporte abarca la comunicación entre todos los hubs y la cabecera, la implementación de cada uno de los hubs y la comunicación del hub hacia el nodo óptico. El primer paso es la comunicación que se efectúa entre cada uno de los hubs con la cabecera respectiva.

El MPTS es enviado vía IP Gigabit Ethernet hacia el hub. Puede ser a través de la red MPLS o a través de un proveedor que pueda realizar el transporte entre la cabecera y todos los hubs.

El diseño se basa en nueve distritos de Lima para el primer anillo (Figura 3.8) los cuales son: San Juan de Miraflores, Miraflores, San Isidro, Breña, Lince, Surquillo, San Borja, Santiago de Surco y La Molina

Se escogió cómo localización de la cabecera a Villa María del Triunfo. El paso siguiente es sería habilitar la comunicación entre la cabecera y todos los hubs a través de IP, esto se puede realizar de dos maneras:

1. Construir una infraestructura tendiendo fibra entre Villa María y cada uno de los hubs respectivos
2. Contratar a un proveedor brindar la comunicación respectiva.



Figura. 3.8 Ubicación de cabecera y hub

Para poder transmitir toda la señal desde la cabecera hacia todos los hubs a través de la red SDH, se necesita un equipo en cada hub el cual puede ser el OSN 3500. Cada uno de los enlaces son de Gigabit Ethernet los cuales necesitan estar habilitados (ver Figura 3.9).

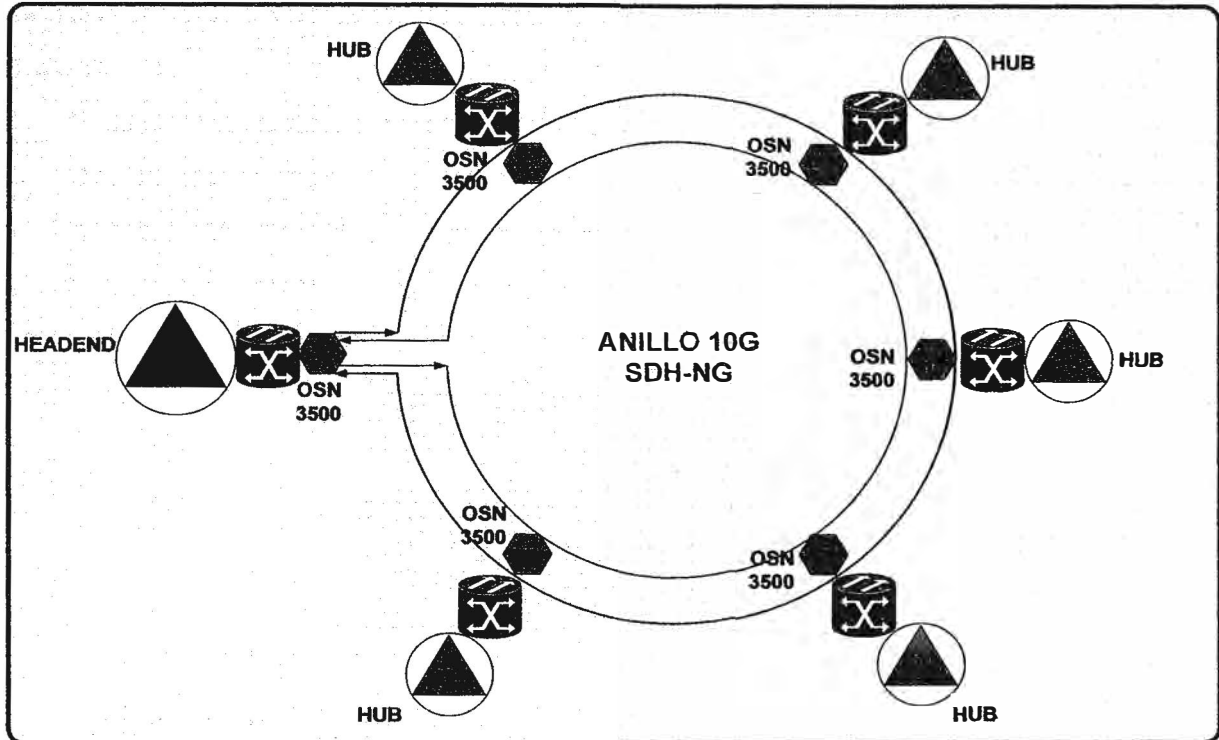


Figura 3.9 Anillo SDH entre la cabecera (headend) y el Hub

3.4 Implementación en el hub

Las señales llegan hacia los hubs de video en una interfaz Gigabit Ethernet. El siguiente paso es encriptarlas y modularlas en RF para su envío hacia el nodo óptico.

Las tramas llegan a los hub y son recibidos por el modulador para su transmisión en RF. Por otro lado, otros moduladores son destinados también para brindar servicios adicionales que el proveedor desee brindar hacia el suscriptor, cómo por ejemplo el contenido de VOD que se deriva directamente de un servidor ubicado dentro del mismo hub.

De las alternativas de equipamiento se seleccionan los siguientes dispositivos y que serán descritos en las siguientes secciones:

- Modulador SEM
- Servidor remoto de video RADD6000(Encryptor/Modulator)
- Emisor de señales de video OM-2000
- Demodulador de retorno ARPD.

3.4.1 Modulador SEM (Smart Stream Encryptor/Modulator)

El SEM de Motorola realiza la multiplexación y re-multiplexación, tiene capacidad para encriptar en tiempo real un gran número de servicios a través de 8 canales de

cables de 64 o 256 QAM distintos en un único espacio de unidad rack. Posee soporte para las tecnologías de transporte GigE como para la ASI. Motorola SEM distribuye eficazmente cientos de emisiones individuales directamente a los abonados. La encriptación del SEM es parte del premiado sistema de acceso condicional de Motorola MediaCipher, que actualmente asegura el contenido emitido a más de 20 millones de abonados.

3.4.2 Servidor remoto de video RADD6000

Es un servidor remoto cuya función es la de realizar las tareas periódicas relacionadas a los decodificadores: descarga de aplicaciones, recolección de compras, etc. La idea es liberar al DAC de tareas del tipo repetitiva, así como disminuir notoriamente el tráfico IP en la troncal del proveedor. Ver Figura 3.10.



Figura 3.10 Servidor remoto de video RADD6000

3.4.3 Emisor de señales de video OM-2000

Es el modulador fuera de banda (OM, de sus siglas en inglés Out-of-Band Modulator) destinado a transmitir una señal QPSK hacia los decodificadores. Esta señal QPSK brinda a los decodificadores la información proveniente de paquetes UDP desde el DAC y el RADD. Ver Figura 3.11. Out-of-Band (OOB) o fuera de banda se refiere al tráfico de datos que existe en la red de cable.



Figura 3.11 Emisor de señales de video OM-2000

Nota:

User Datagram Protocol (UDP), es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas. Permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión.

3.4.4 Demodulador de retorno (ARPD)

De sus siglas en inglés Advanced Return Path Demodulator. Recibe comunicaciones de los decodificadores (señales QPSK) y las transforma en paquetes UDP dirigidos al DAC y RADD.(Figura 3.12)



Figura 3.12 Demodulador de retorno ARPD

Estos equipos presentan una gran ventaja respecto a la utilización de los CMTS por varias razones, entre ellas:

- No hay límite de Unit Address por placa demoduladora, ya que la única limitación está dada por el nivel de ruido de la red HFC.
- Es un equipo que está optimizado para trabajar en las bandas más bajas de la vía de retorno, liberando espectro para otras aplicaciones que requieran "espacios" más limpios.
- Un Chasis ARPD permite brindar interactividad a unos 35000 HP, a un costo mucho menor que los CMTSs necesarios para soportar esa misma cantidad.
- Es mucho más efectivo que los CMTSs en lo que respecta a espacio.
- Posibilita que el módulo de retorno en los Set-top Box sea mucho más económico

En la figura 3.13 se muestra la interconexión de todos los equipos de video. Se indican los valores de potencia de salida.

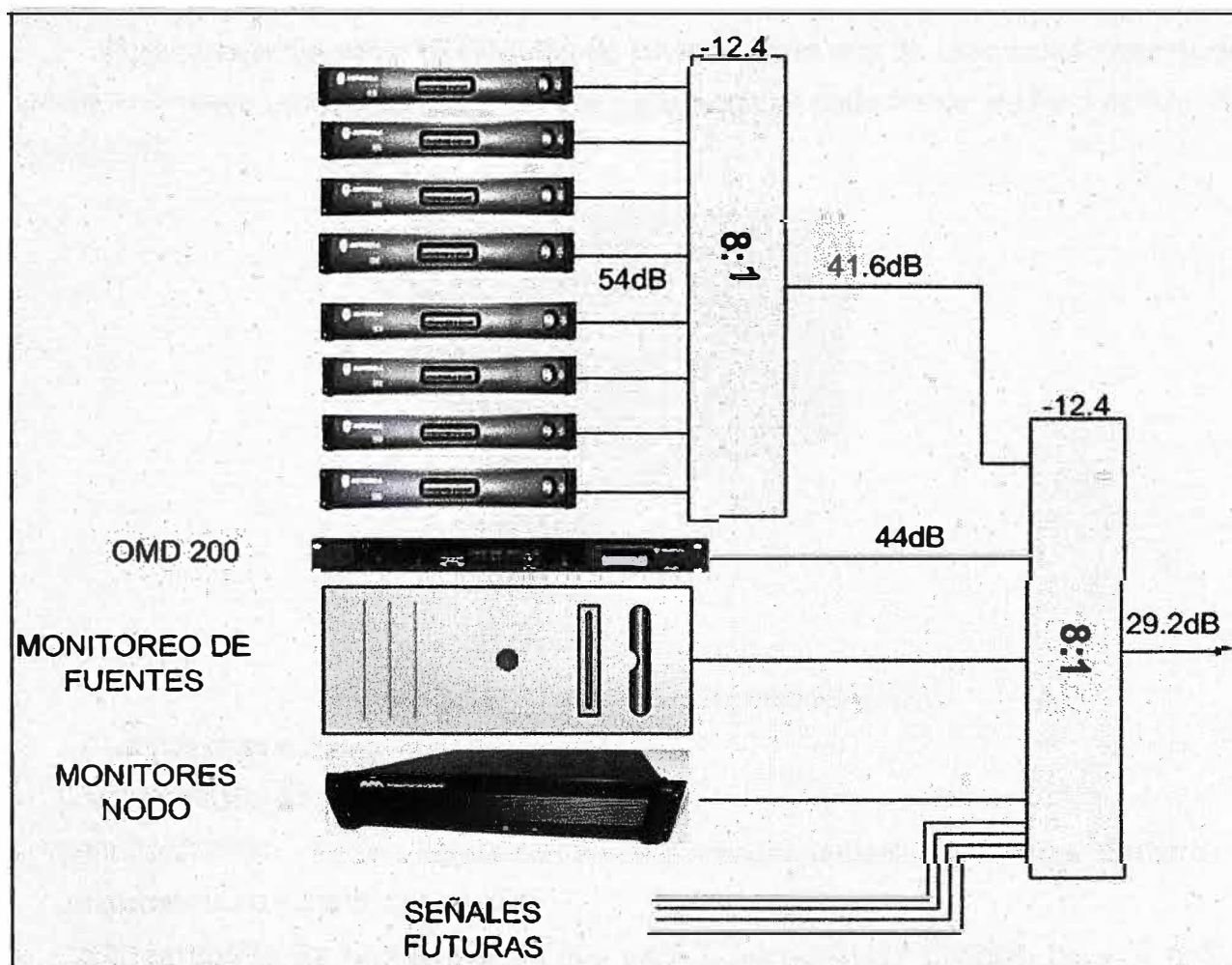


Figura 3.13 Diagrama de unión de todas las señales

3.4.5 Transmisores y Receptores Ópticos

Uno de los equipos seleccionados es el OmniStar GX2, una plataforma de transmisión óptica en banda ancha, que opera en un ancho de banda de 5Mhz a 1Ghz.

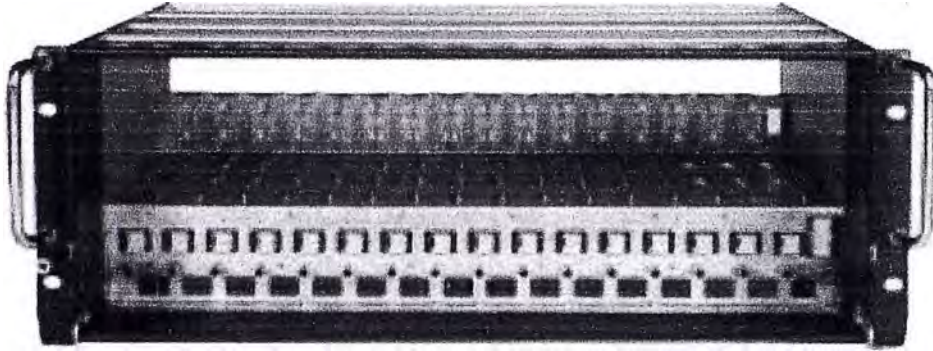


Figura 3.14 Omnistar GX2

El sistema OmniStar® GX2 (ver Figura 3.14) es una línea completa de productos de fibra óptica diseñado para el transporte de señales de video y data en televisión por cable (CATV) y sus respectivas aplicaciones. Es un sistema flexible en estas aplicaciones e incluye una serie de módulos y opciones que pueden ser seleccionadas para que se puede acomodar a los requerimientos del sistema.

Esta plataforma tiene 16 módulos de tarjetas, cada una de ellas con 4 conectores ópticos los cuales pueden ser TX o RX que va ir hacia el nodo óptico vía fibra óptica (ver Figura 3.15).

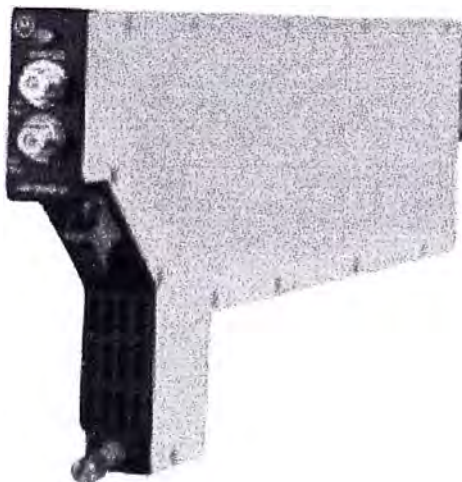


Figura 3.15 Tarjeta del OmniStar® GX2

Las tarjetas a utilizar son:

- CX2-CM100B.- Es una tarjeta de monitoreo.
- CX2-RX200BX2.- Es una tarjeta con 2 receptores (proveniente de 2 nodos distintos) y un sistema de control compartido
- CX2-LM1000B.- Es una tarjeta de que tiene 2 transmisores (dirigido hacia 2 nodos distintos) y un sistema de control compartido.

En la figura 3.16 se puede notar que todas las señales de datos, video y telefonía son juntadas para luego dividirse y dirigirse a cada uno de los nodos respectivos de la red HFC.

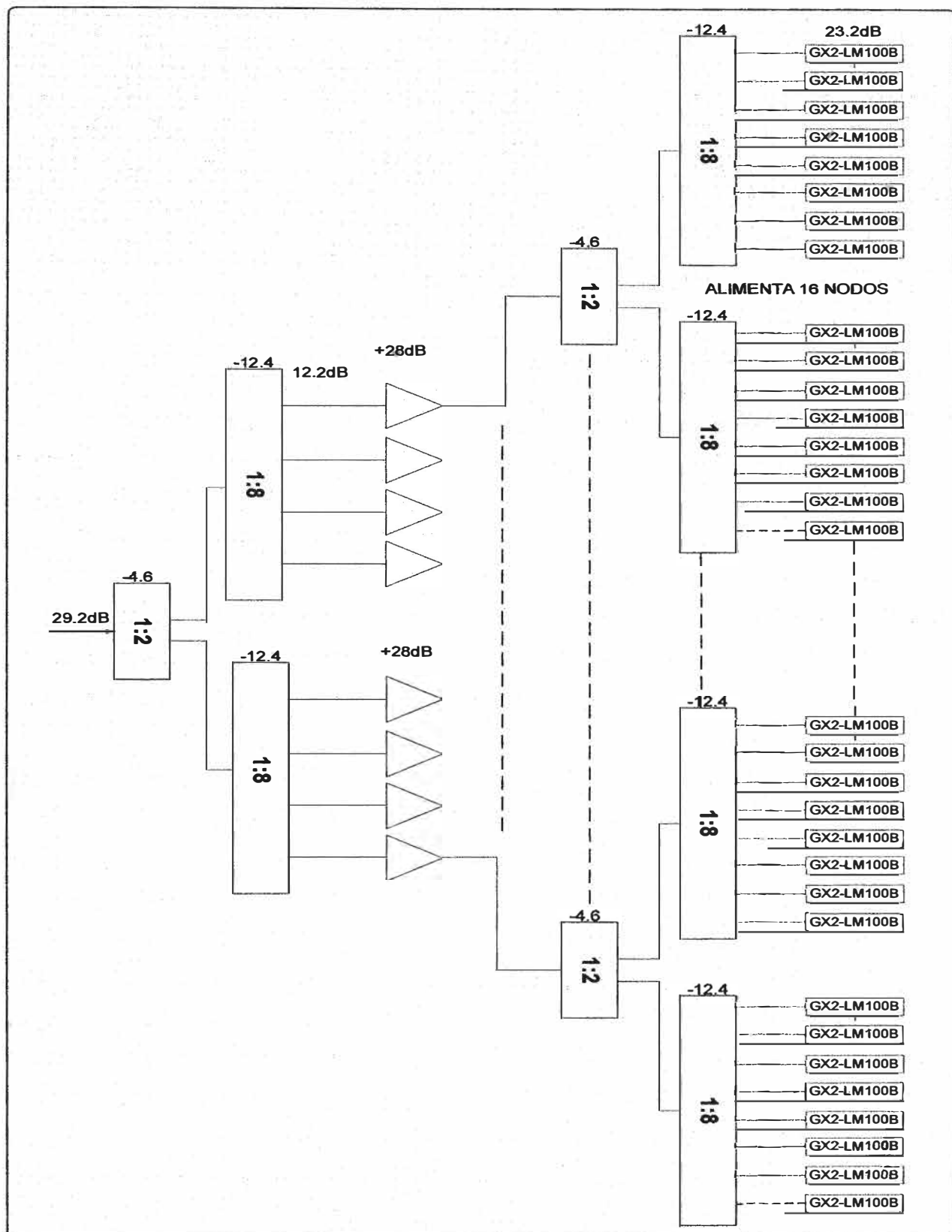


Figura 3.16 Diagrama de de la salida hacia los Nodos Ópticos

3.5 Diseño de la puerta de enlace de RF (CMTS)

En esta sección se explicará el diseño del gateway de RF. De las alternativas de equipamiento se selecciona el CMTS de Motorola BSR64000. En la Figura 3.17 se muestra la conexión del CMTS con Internet y con la red HFC.

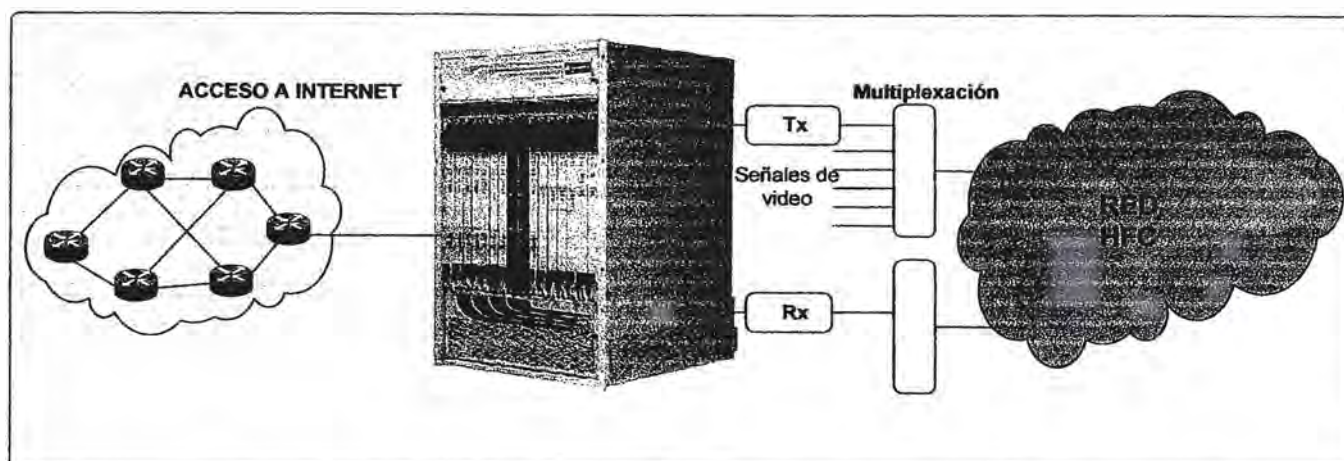


Figura 3.17 Diagrama del gateway de RF (CMTS)

En las siguientes líneas se establecerán los parámetros de tráfico de subida y de bajada, la conectividad, la calidad de servicio y el tipo de direccionamiento en el CMTS de Motorola BSR64000.

3.5.1 Tráfico de bajada (Downstream DS)

Se selecciona la modulación 256 QAM a 6Mhz. Esto provee una capacidad por cada puerto tráfico de bajada bruta de 42 Mbps de los cuales sólo es utilizable 38 Mbps (aprox. 90%). Los canales 81(567Mhz), 82, 83, 84 están reservados para DOCSIS 3.0. La potencia de la salida del CMTS es 55 dBmv.

3.5.2 Tráfico de subida (Upstream US)

Se selecciona la modulación 64 QAM a 6.4Mhz. Las frecuencias usadas son 36.8, 30.4, 24.0 y 17.6 Mhz. La potencia al ingreso del CMTS es 14 dBmV.

3.5.3 Conectividad

La salida de cada puerto para el tráfico de bajada se divide para atacar una cierta cantidad de nodos a través de los transmisores ópticos. De la misma manera, una determinada cantidad de nodos recibidos en los receptores ópticos se combinan para luego ingresar a los puertos del tráfico de subida. Sin embargo, ya que irá creciendo la cantidad de clientes, es recomendable una configuración en la que sólo se conecte un nodo por cada puerto de tráfico de subida, de tal manera que se minimicen los posibles efectos de ruido de señales no deseadas en la banda de retorno y maximizar el ancho de banda disponible para cada nodo. Si se estimará conveniente proveer mayor capacidad en el futuro, se podría conectar un nodo a más de un puerto de tráfico de subida.

Cada tarjeta es de 2x8, lo que significa 2 DS x 8 US o 1 DS x 4 US. Como fue mencionado, se va a realizar la siguiente conexión: A cada hub se conectarán 8 nodos por puerto US (32 nodos por puerto Downstream). El CMTS tiene 16 ranuras enumeradas del 0 al 15 de las cuales la ranura 6 es redundante de las tarjetas 2x8, la ranura 7 es el modulo de supervisión de recursos (SRM), la ranura 8 es redundante del SRM, la ranura

15 es el Modulo de Gigabit Ethernet, y la ranura 14 su respectiva redundancia de los cuales quedan 11 ranuras para RF.

Es recomendable conectar hasta doscientos usuarios por puerto de tráfico de subida (US) del CMTS, sin embargo esto varía por varios factores tales como la concurrencia del servicio (usuarios activos en un mismo tiempo) y los anchos de bandas de los servicios ofrecidos a los clientes. En la práctica, se ha encontrado que doscientos clientes es un número promedio para un puerto US del CMTS.

La Figura 3.18 muestra el diagrama general de la arquitectura de RF en el hub.

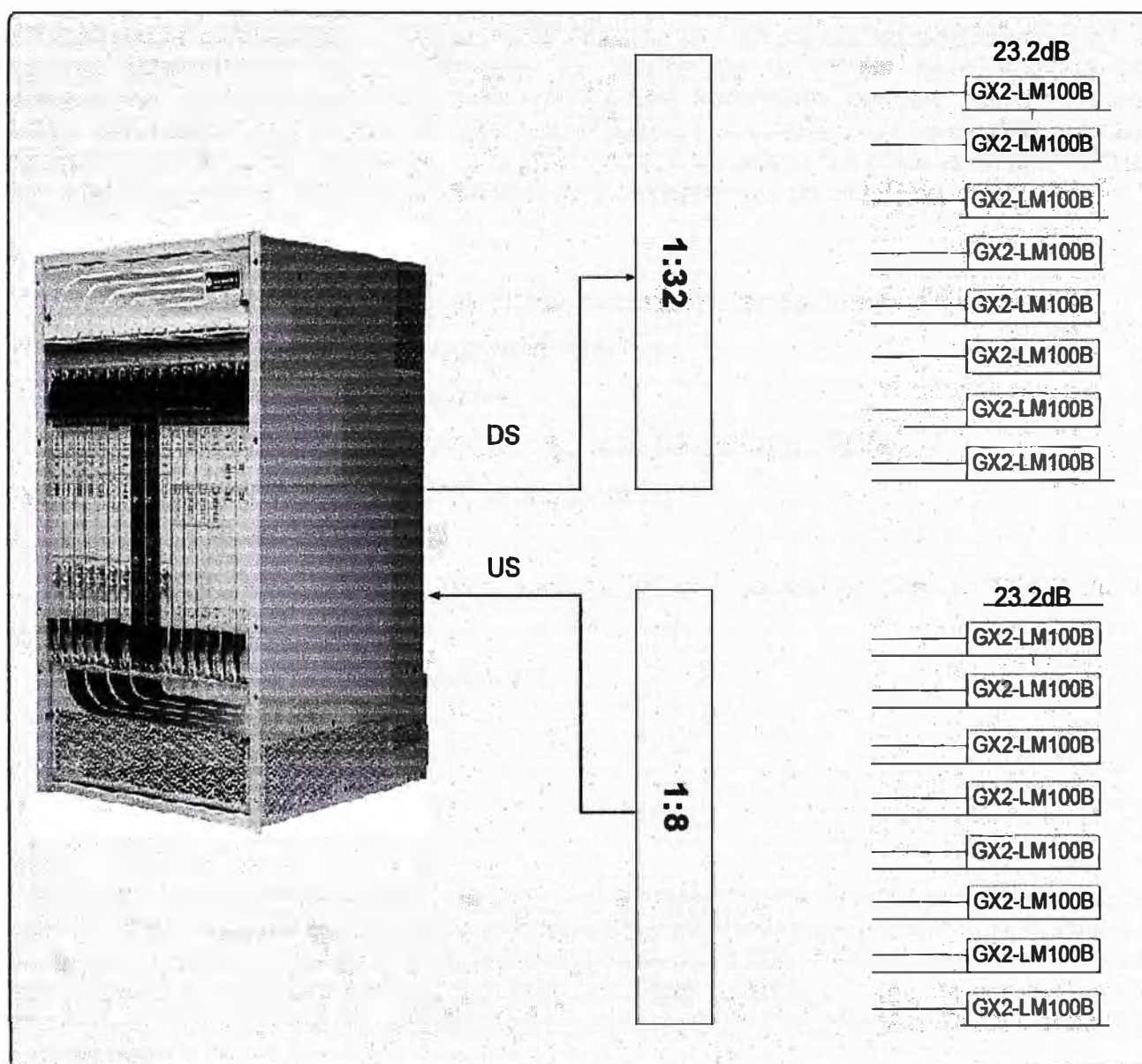


Figura 3.18 Conexiones del gateway de RF (CMTS)

Para tener los valores de potencia en DS de 55dBmV y US de 14 dBmV se va a realizar un balanceo si es requerido para obtener estos valores de potencia, en la cual se va a utilizar atenuadores y/o amplificadores en alguna parte de la red de RF, para adecuar los niveles de potencia a los valores requeridos por los equipos activos.

3.5.4 Interfaces Gigabit

Cada módulo BSR6400 tiene 2 interfaces de fibra monomodo de 1310 nm para conectarse a un switch Cisco (él que se conecta con todos los hubs).

Cada interfaz se divide en sub-interfases:

- Una Sub-interfaz para la VPN de Aprovisionamiento y Gestión
- Una Sub-interfaz para la VPN de Internet
- Una Sub-interfaz para la VPN de Telefonía

Nota:

Una red privada virtual (VPN) se construye a base de conexiones realizadas sobre una infraestructura compartida, con funcionalidades de red y de seguridad equivalentes a las que se obtienen con una red privada. El objetivo de las VPNs es el soporte de aplicaciones intra/extranet, integrando aplicaciones multimedia de voz, datos y vídeo sobre infraestructuras de comunicaciones eficaces y rentables. La seguridad supone aislamiento, y "privada" indica que el usuario "cree" que posee los enlaces. Las IP VPNs son soluciones de comunicación VPN basada en el protocolo de red IP de la Internet.

3.5.5 Direccionamiento

Las interfaces de cable requieren que se asignen las siguientes direcciones IP

- Direcciones IP Privadas para Cablemodems
- Direcciones IP Privadas para MTAs
- Direcciones IP Privadas para CPEs (auto-aprovisionamiento inicial)
- Direcciones IP Públicas para CPEs (navegación)

3.5.6 Calidad de servicio (QoS)

El CMTS entregará los paquetes marcados con calidad de servicio DSCP de la siguiente manera:

- Señalización y Routing: DSCP 48
- Voz: DSCP 40
- Gestión: DSCP 16
- Internet: DSCP 0

Nota:

DSCP (de sus siglas en inglés Differentiated Services Code Point) hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan. Originalmente fue definido este byte para ser usado con otro formato: ToS (type of service = tipo de servicio) pero con el mismo objetivo de diferenciar el tráfico. Los bit del 0 al 5 son para DSCP, el bit 6 y 7 no se usan.

3.6 Diseño del enrutador de llamadas

En esta sección se describe el diseño de la parte de telefonía. El equipo que será utilizado en la red HFC es el SAFARI C3. Los Codecs que se usan y su periodo de packetización son:

- Voz: G.729 & G.711 Ley A 20 ms Fax: T.38 & G.711 Ley A.
- Voz: G.729 (prioridad 0) & G.711 Ley A (prioridad 1), 20 ms Fax: T.38 & G.711 Ley A (prioridad 1).

Se debe tener en cuenta que el MTA presentará al sistema los codecs que tiene disponible, siendo responsabilidad del softswitch la selección del codec a utilizar en cada llamada.

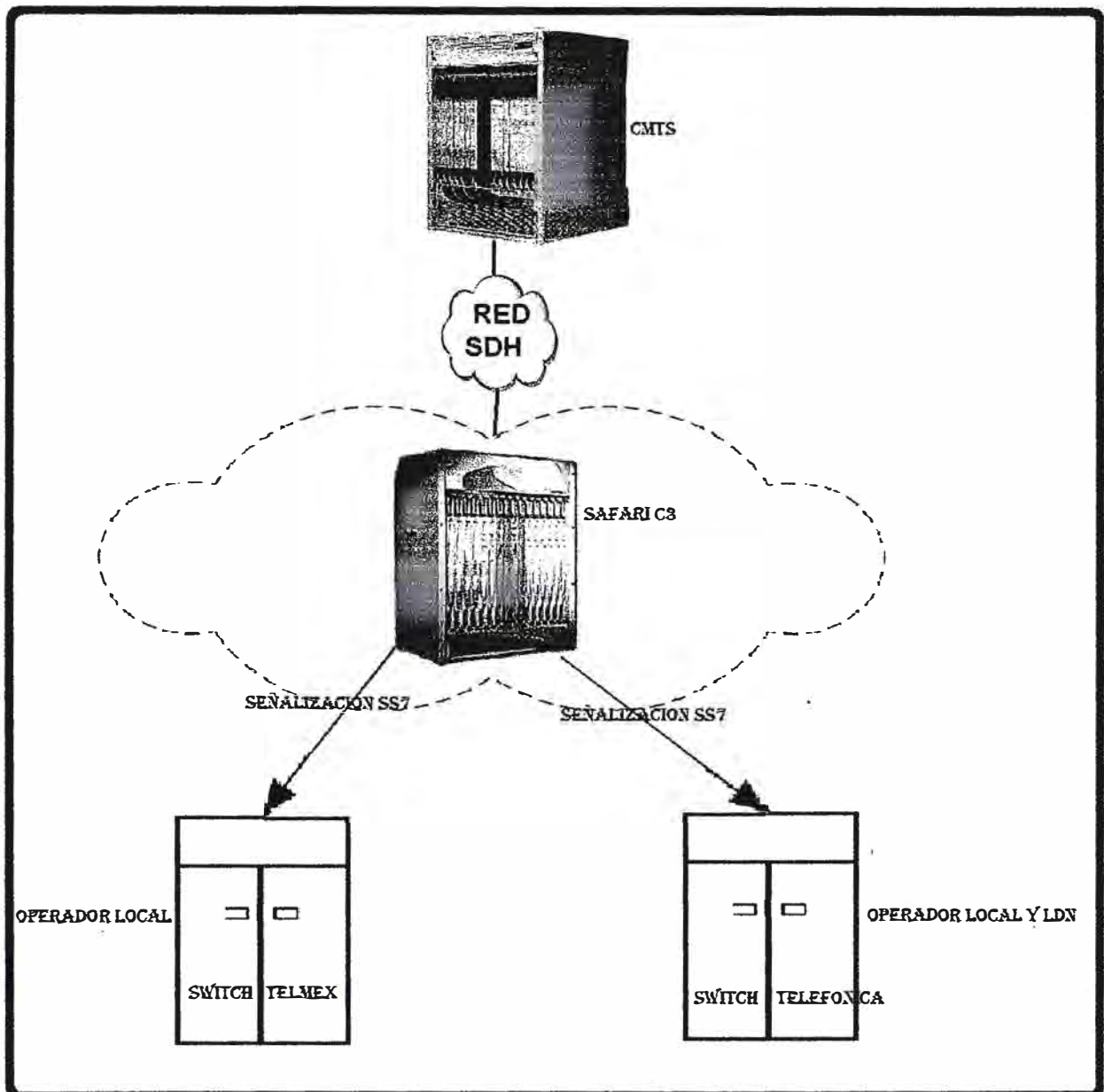


Figura 3.19 Interconexión del enrutador de llamadas

3.6.1 Enrutador de llamadas SAFARI C3

La solución de conmutación más simple para voz sobre protocolo de Internet (VoIP), la más flexible y eficiente en cuanto a los costos que se encuentra disponible, es totalmente escalable y está diseñada para integrarse a la perfección en un entorno de cable.

Una de las consideraciones importantes en telefonía es asegurar la calidad del servicio para la red LAN. Es necesario marcar los paquetes de Voz y señalización MGCP con un ToS (Type of Service) en la cabecera de IP. Adicional a esto, debe establecerse las políticas de prioridad en los equipos de datos para que le den prioridad a los paquetes que sean identificados como voz o señalización MGCP.

El enrutador de llamadas SAFARI C3 va a ser ubicado en la cabecera e implementado un sistema centralizado donde SAFARI C3 reúne todos los componentes para la telefonía en un sólo equipo. Tiene muchas ventajas comparado con los sistemas distribuidos los cuales requieren múltiples elementos de red y hasta cinco proveedores diferentes para crear un sólo sistema de voz, lo cual hace que la implementación se vuelva muy compleja y de alto costo operativo.

3.6.2 Interconexión

La interconexión con los operadores de telefonía puede ser realizada con el operador de Telefónica ya que es un operador local y nacional para la interconexión a través de la red SDH. Ver Figura 3.19.

3.7 Diseño de la red de distribución

En esta sección se describe la etapa de la red HFC que va desde el hub hasta el abonado final. Se tomará como referencia una determinada área de san Isidro para el desarrollo. Ver Figura 3.20.

El objetivo del diseño es obtener ciertos niveles de potencia en US Y DS en el tap, los cuales son los siguientes:

- Nivel de Forward RF channel (72/133) 18-20 dB +- un error de 2dB
- Nivel descendente de cable módem: 18 +- 2 dB de error
- Nivel ascendente de cable módem: 47 dB.

Considerando que la conexión del Tap hacia cliente existen un aproximado 50 metros de cable RG-06 con una pérdida de 4 dB mas la pérdida del splitter es de 3 dB se tendría los siguientes niveles del abonado:

- Nivel de forward RF ch(72/133) 12-14 +- un error de 2 dB
- Nivel descendente del cable módem : 12 +- 2 dB de error
- Nivele ascendente del cable módem 54-47 dB.

3.7.1 Empalme de la línea principal de fibra óptica

Una vez que se completa todo o gran parte del diseño de la red, se ensamblan las impresiones de diseño para poder desplegar la línea óptica principal. En general, la línea óptica principal se interconectará con el extremo superior (con el hub), en la oficina central (o cualquier punto dónde se localicen los láseres) con cada uno de los receptores ópticos dentro de la red.

La planeación de la ruta deberá tratar de minimizar la distancia entre cada receptor óptico, pero también las rutas de entrada las cuales se encuentran protegidas y que proporcionan un acceso fácil. También se pueden preferir las rutas comunes para minimizar el costo de la construcción al utilizar cubiertas comunes.

Una alternativa es utilizar las fibras existentes para minimizar los costos de construcción, por lo tanto, es importante documentar y tener disponible los mapas precisos de la fibra y de las fibras de repuesto para el diseñador de la red óptica.

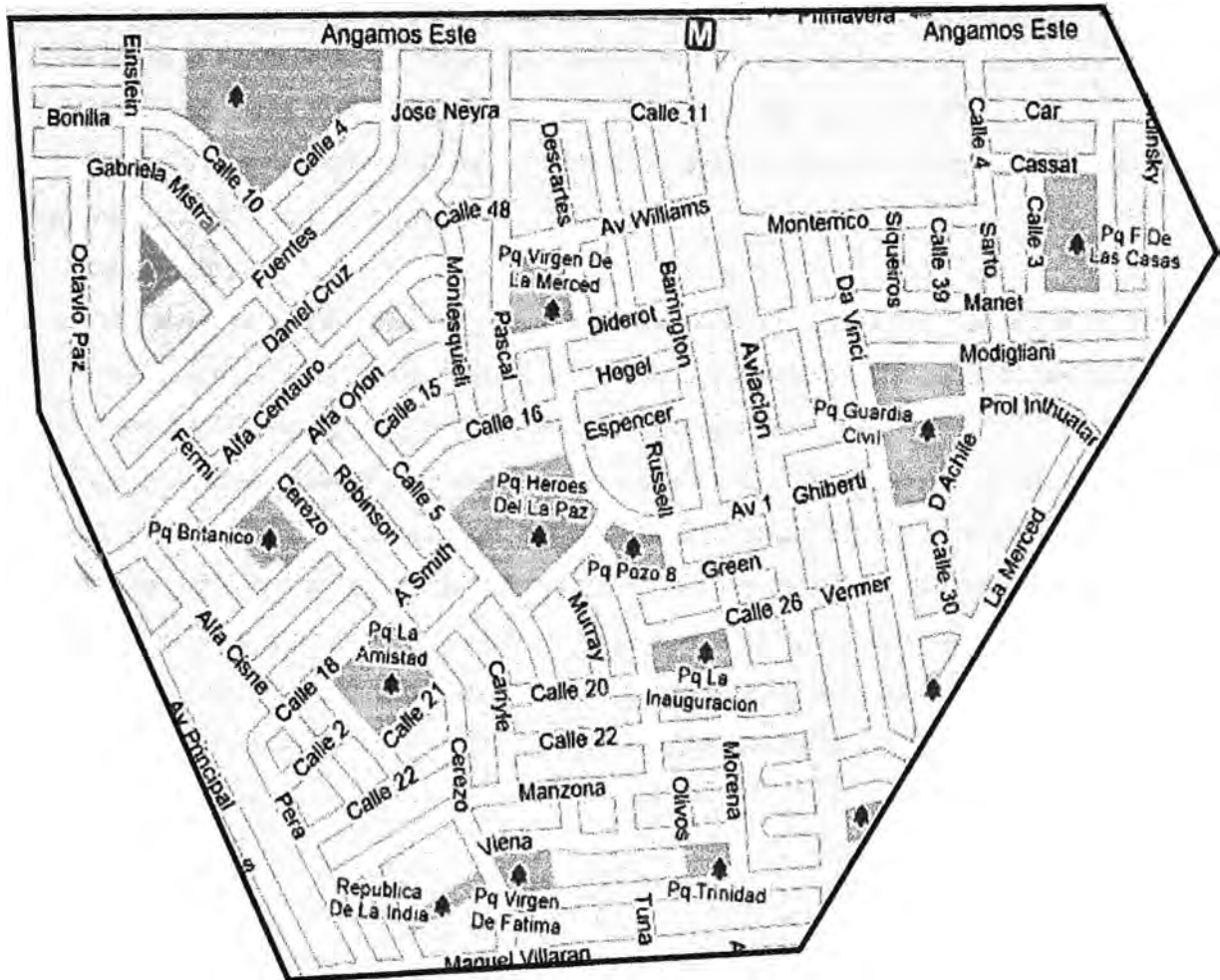


Figura 3.20 Diagrama del área delimitada por el nodo (San Isidro, ver 3.7)

3.7.2 Ubicación del nodo

Teniendo lo requerimientos necesarios de los niveles de potencia de US Y DS en el tap, lo primero que debe realizarse es determinar la ubicación del nodo óptico dentro del área delimitada. Debe tenerse en cuenta que siempre esté disponible y accesible. A veces estos aspectos traen conflictos entre el personal de diseño de la red y del área de construcción, quienes instalan el nodo óptico

Una vez que sea aprobados las ubicaciones de los nodos, se puede proceder con el diseño RF. La arquitectura del sistema desempeña un papel dominante para el diseño RF de las redes HFC.

3.7.3 Software de ingeniería del diseño

Actualmente existen en la industria diferentes programas de software disponibles para el diseño de HFC. Se opta para este diseño el programa Lode Data V5.0 Design Assistant Program.

El programa Lode Data es básicamente una herramienta para calcular de tipo de hoja de cálculo. Es utilizado desde 1983. El programa cuenta con un paquete con interfase de prueba la cual realiza los cálculos del diseño y se genera un archivo en AutoCAD. No existe relación con ninguna base de datos inteligente y los archivos gráficos del Lode Data y AutoCAD. El diseñador de la red introduce manualmente los datos del mapa en el Lode Data y procede con el diseño de la red en un formato de tipo hoja de cálculo. En este nivel no existe interfase gráfica, una vez que se completaron los cálculos manualmente se dibuja en Autocad.

3.8 Marco legal

Para el servicio de telefonía fija, el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC) tiene competencia en la política de otorgamiento de concesiones. El plazo de la concesión es de 50 años pero generalmente se otorga 20 años.

El artículo 147 de las normas legales del MTC indica que el otorgamiento de la concesión es única. Se confiere al solicitante la condición de concesionario para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones establecidas en la legislación.

Osiptel tiene competencia exclusiva sobre temas de interconexión de servicios públicos de telecomunicaciones, entre los cuales están las políticas de interconexión, tales como el tipo de señalización (SS7) y los cargos de interconexión

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados a la economía y al cronograma del proyecto de ingeniería.

4.1 Estimación de costos

La estimación de costos significa un cálculo aproximado, debido a que existen en diferentes marcas de dispositivos que pueden ser usados para implementar la red HFC.

Para realizar la estimación de costos, se ha considerado a nueve distritos de Lima con doscientos nodos en planta externa para cubrir todo el área que abarca estos distritos, el anillo que comprende al nodo que se va a diseñar y la respectiva redundancia de fibra, la construcción de los nueve hubs para estos distritos y la cabecera respectiva.

Para efectos didácticos, la relación de precios estimados (equipos a usar en la cabecera, hub y red de transporte y distribución) se ha dividido en dos tablas que aparecen a continuación (Tabla 4.1 y Tabla 4.2).

Tabla 4.1 Precio detallado de los equipos de la red HFC.

Dispositivo	unidades	Precio unitario (dólares)	Precio total
DAC6000 Internacional	1	95,000.00	95,000.00
Receptor POWER VU 9850	40	4,000.00	160,000.00
Receptor DSR 4400 MD	8	5,000.00	40,000.00
SPLITER X16 BANDA L	7	1,000.00	7,000.00
Demodulador VHF-UHF	6	4,000.00	24,000.00
VOD SERVER	1	30,000.00	30,000.00
Encoder SE-1010	80	4,000.00	320,000.00
Antenas parabólicas	7	8,000.00	56,000.00
Modulador QPSK fuera de banda	9	2,700.00	24,300.00
DM-6400 Cherry Picker	7	40,000.00	280,000.00
SEM encriptador modulador	23	9,600.00	220,800.00
APEX 1000 QAM	30	19,000.00	570,000.00
Receptor Multicanal	8	2,400.00	192,000.00
High Density Chassis	8	7,020.00	56,160.00
Supervisory Routing ModuleCMTS	1	9,750.00	9,750.00
High Density 2:8 Docsis 2.0 Module(tarjetas)	108	14,820.00	1600,560.00
Subtotal			3 685,570.00

Tabla 4.2 Precio detallado de los equipos de la red HFC

Dispositivo	unidades	Precio unit. (dólares)	Precio total
Redundant High Density 2:8 Docsis 2.0 Module	9	21,450.00	193,050.00
CMTS	9	70,200.00	631,800.00
SAFARI C3	2	90,000.00	180,000.00
Plug-in Attenuator(diferentes valores ^o)	90400	2.6.00	235,040.00
Local de la Cabecera	1	1'000,000.00	1'000,000.00
Tap	25800	60.00	1'548,000.00
Amplificador(BT100K-4HXXH-F)	360	3,000.00	1'080,000.00
Amplificador(BT100K-3HXXH-F)	180	2,000.00	360,000.00
Amplificador(MB100K-2HXXH-F)	390	1,500.00	585,000.00
Nodo Óptico	200	75,000.00	15'000,000.00
Simulador(T-CS-diferente valores)	13200	10.00	132,000.00
Ecuilizador(T-EQ-diferente valores)	12200	15.00	183,000.00
Eq. de Retorno(SRE-S)	1000	20.00	20,000.00
Eq. Forward (SFE-100-)	2200	15.00	33,000.00
Atenuador(JPX-**))	18000	10.00	180,000.00
Transmisor interno(SG4-EIFPT/SC)	400	500.00	200,000.00
Receptor interno(SG4-R-100/SC)	400	500.00	200,000.00
Fuentes internas (SG4-Power Supply)	600	400.00	240,000.00
Tarjeta de Redundancia (Redundant Split)	200	400.00	80,000.00
Transponder (LL-SC4-HMS 52/13)	200	500.00	100,000.00
Acoplador(SSP-*)	600	40.00	24,000.00
Locales de nueve hubs	9	300,000.00	2'700,000.00
Gabinete 42UR	100	620.00	62,000.00
semv8	18	8,500.00	153,000.00
ARPD	9	30,000.00	270,000.00
OM2000	9	25,000.00	225,000.00
RADD	18	23,000.00	414,000.00
Servidor de facturacion	1	10,000.00	10,000.00
Servidores provisionamiento	8	8,000.00	64,000.00
HMTS	9	26,000.00	234,000.00
Cable RG500(rodillo)	9	60,000.00	540,000.00
Cable RG11(caja)	45	1,000.00	45,000.00
Cable RG6(caja)	45	1,000.00	45,000.00
Subtotal			26'966,890.00
PRECIO TOTAL			30'652,460.00

Cómo fue mencionado, el diseño se basa en nueve distritos de Lima: San Juan de Miraflores, Miraflores, San Isidro, Breña, Lince, Surquillo, San Borja, Santiago de Surco y La Molina

El valor estimado en costos de equipos y emplazamientos para la instalación de la red HFC es de \$30'652,460.00 US dólares. El costo estimado es solo de la implementación, pero también se tienen que añadir los siguientes costos:

- Mano de obra para la construcción de la red HFC.
- Capacitación del personal

- Alquiler o construcción de los postes por donde va a ir el cable coaxial y fibra óptica
- Prestación de servicios de cada proveedor de Video
- Licencia de construcción, etc.

La inversión total para la instalación de la red HFC es aproximadamente de 50 millones de dólares americanos.

4.2 Cronograma

En la siguiente tabla se muestra de manera esquemática los tiempos invertidos para el diseño e implementación.

Tabla 4.3 Diagrama de tiempos para la diseño y implementación

ACTIVIDADES	TIEMPO EN MESES					
	1	2	3	4	5	6
Diseño del Sistema	■	■				
Adquisición de Equipos	■	■	■	■		
Cableado y conectorización				■	■	
Balanceo de equipos					■	
Pruebas y comisionamiento						■
Capacitación						■

En el siguiente capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones relacionadas con presente trabajo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El presente informe abarca diseño de la red HFC para Lima, que permitirá la convergencia de los tres servicios Internet, telefonía y cable a través de una misma plataforma lo que permite reducir costos de interconexión, ya que con otras tecnologías se utiliza una infraestructura para cada uno de estos servicios por separado elevando sus costos de implementación.
2. La infraestructura de la red HFC soporta varios servicios adicionales, lo cual va depender de los proveedores que tipo de servicios adicionales van a brindar a sus abonados tales como PPV donde el cliente podrá comprar las películas que desea ver, cómo también VOD, tripartita, técnicas de fidelización, guía interactiva de cable, propagandas comerciales seleccionados por sectores, etc.
3. La implementación de la red HFC beneficiará al público de Lima con nuevos planes telefónicos, televisión digital, gran ancho de banda a precios económicos.
4. En la construcción de la red HFC se tuvo en cuenta que el ancho de cada canal es de 6Mhz y cuatro canales para sincronización de cable módems, el proveedor elige el tipo de modulación, por ejemplo para una modulación de 512 QAM se tendría un ancho de banda de 46.08 Mbps por cada canal, y para 256QAM se tendría un ancho de banda de 40.96 Mbps. El tipo de modulación a elegir va a depender del tipo de demanda y también del costo beneficio en que el proveedor de servicios tome la decisión para implementar en la red HFC.
5. La arquitectura de red de acceso HFC no sólo brinda a sus abonados servicios de cable, Internet y telefonía, sino también las facilidades para los abonados y proveedores tal cómo la posibilidad de estar permanentemente conectados, y que sólo se les facture por el tiempo que están realmente utilizando los recursos del sistema, flat o por cantidad de datos recibidos y transmitidos. Del mismo modo se permite la difusión de datos (de noticias, juegos multiusuario, descarga de software, etc.) a todos o sólo a grupos específicos de usuarios servicios.

Recomendaciones

1. Al realizar el despliegue de la red HFC, es importante tener en cuenta una buena conectorización, buenos empalmes entre el cable coaxial y fibra óptica y tener las herramientas y los equipos de prueba adecuados.
2. Debe tenerse en cuenta estas consideraciones, ya que de existir deficiencia (malos empalmes, cables coaxial doblados, etc.) ocurrirán problemas tales como ingreso de ruido en la red y píxeles defectuosos, los cable módems no sincronizarán, y habrá intermitencia en el servicio causando molestias a los abonados.
3. Deben realizarse las pruebas para la certificación correspondiente de los niveles de potencia requeridos para cada uno de los puntos de la red de acuerdo al diseño elaborado, es decir, los taps iniciales y finales, la salida de los amplificadores, la salida de los nodos, la salida en los hubs. Si se cumple todos estos requerimientos no se presentarán problemas al brindar los servicios a los abonados.
4. Es necesario concientizar al personal técnico que va a realizar la construcción de la red HFC, acerca del correcto uso de los materiales. Un mal uso de los materiales tal como un tap averiado, un cable coaxial doblado, una fibra no conectada correctamente, influye en toda la red que abarca el nodo, y por consiguiente provoca una deficiencia en el servicio hacia la red HFC.
5. Es recomendable tener una configuración en la que sólo se conecte un nodo por cada puerto de US de CMTS, para minimizar los efectos posibles de ingreso de ruido en la banda de retorno y maximizar el ancho de banda. Por motivos de ahorro de recursos por parte de los proveedores, ellos se conectan por un puerto de US de CMTS 2 a 4 nodos bajando la calidad del servicio a los clientes y el posible ingreso de ruido.

ANEXO A
CANALES A RECEPCIONAR

Tabla A.1 Canales a recepcionar (2 al 32)

#	Programador	Nombre del Canal	Equipo	Formato	Equipo
2	Canal libre	Frecuencia Latina	Demodulador	Analogo	DM-145
3	Televisa	Canal de las Estrellas	satellite multiplex decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
4	Canal libre	America TV	Demodulador	Analogo	DM-145
5	Canal libre	Panamericana	Demodulador	Analogo	DM-145
6	Discovery	People+Arts	Program Receiver	POWER VU	D9850
7	Canal libre	TV Perú	Demodulador	Analogo	DM-145
8	Canal libre	La Tele	Demodulador	Analogo	DM-145
9	Canal libre	ATV	Demodulador	Analogo	DM-145
10	Discovery	Discovery Channel	Program Receiver	POWER VU	D9850
11	Canal libre	RBC	Demodulador	Analogo	DM-145
12	Televisa	Telenovelas	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
13	Canal libre	Red Global	Demodulador	Analogo	DM-145
14	HBO Latin America Group	A&E MUNDO	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
15	HBO Latin America Group	Sony Entertainment Television	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
16	Discovery	Travel & Living	Program Receiver	POWER VU	D9850
17	Discovery	Animal Planet	Program Receiver	POWER VU	D9850
18	MVA S.A.	TV5	Program Receiver	POWER VU	D9850
19	FOX	Fox Sports	Program Receiver	POWER VU	D9850
20	ESPN	ESPN	Program Receiver	POWER VU	D9850
21	ESPN	ESPN +	Program Receiver	POWER VU	D9850
22	FOX	National Geographic	Multiple Description Receiver	POWER VU	D9828
23	Tuner (TV SAT)	TNT	Program Receiver	POWER VU	D9850
24	FOX	FOX	Multiple Description Receiver	POWER VU	D9828
25	HBO Latin America Group	Wamer TV	Commercial Integrated Receiver/Decoder	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
26	HBO Latin America Group	AXN	Commercial Integrated Receiver/Decoder	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
27	FOX	Universal Channel	Multiple Description Receiver	POWER VU	D9828
28	LAP TV	Cinecanal	Program Receiver	POWER VU	D9223
29	LAP TV	The Film Zone	Program Receiver	POWER VU	D9223
30	LAP TV	Movie City HD	Program Receiver	DVB	D9850
31	FOX	Fox Life	Multiple Description Receiver	POWER VU	D9828
32	Pramer	Cosmopolitan	Professional Receiver and Decoder	***	TT1220

Tabla A.2 Canales a recepcionar (33 al 63)

#	Programador	Nombre del Canal	Equipo	Formato	Equipo
33	Bethel	BETHEL	Program Receiver	****	DSR 101
34	Turner (TV SAT)	Cartoon Network	Program Receiver	DVB	D9850
35	Discovery	Discovery Kids	Program Receiver	POWER VU	D9850
36	ESPN	Jetix	Commercial Integrated Receiver/Decoder	DIGICIPHER II	DSR-4410
37	Turner (TV SAT)	Boomerang	Program Receiver	POWER VU	D9850
38	MTV Networks	Nickelodeon	Program Receiver	POWER VU	D9850
39	MGM Networks	Casa Club	Program Receiver	POWER VU	D9850
40	FOX	Utilisima	Program Receiver	POWER VU	D9850
41	Turner (TV SAT)	Fashion TV	Program Receiver	POWER VU	D9850
42	***Sin Datos***	Animax	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
43	MVA S.A.	Caracol	Program Receiver	POWER VU	D9850
44	Azteca Internacional	Azteca Internacional 13	Digital Media Receiver	***	UNITY 2000
45	MTV Networks	MTV	Program Receiver	POWER VU	D9850
46	Televisa	Telehit	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
47	MTV Networks	VH1	Program Receiver	POWER VU	D9850
48	Televisa	Ritmoson	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
49	FOX	FX	Multiple Description Receiver	POWER VU	D9828
50	Discovery	Home & Health	Program Receiver	POWER VU	D9850
51	ESPN	Disney	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
52	Televisa	De Pelicula	Commercial Integrated Receiver/Decoder	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
53	HBO Latin America Group	The History Channel	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
55	HBO Latin America Group	Cinemax	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
56	HBO Latin America Group	HBO	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
58	Television Federal S.A. Telefe	Telefe	Program Receiver	POWER VU	D9850
59	LAP TV	Cityvibe Este	Program Receiver	POWER VU	D9850
60	LAP TV	Cityvibe Oeste	Program Receiver	POWER VU	D9850
61	LAP TV	Cinecanal Oeste	Program Receiver	POWER VU	D9850
62	LAP TV	Cinecanal Este	Program Receiver	POWER VU	D9850
63	LAP TV	Movie City Oeste	Program Receiver	POWER VU	D9850

Tabla A.3 Canales a recepcionar (64 al 98)

#	Programador	Nombre del Canal	Equipo	Formato	Equipo
64	LAP TV	Movie City Este	Program Receiver	POWER VU	D9850
65	Pramer	Film & Arts	Program Receiver	***	TT1220
66	FOX	Fox News	Program Receiver	POWER VU	D9850
67	FOX	SPEED	Program Receiver	POWER VU	D9850
68	HBO Latin America Group	HBO HD	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
69	MGM Networks	MGM	Program Receiver	POWER VU	D9850
70	Turner (TV SAT)	CNN Español	Program Receiver	POWER VU	D9850
71	Turner (TV SAT)	CNN Internacional	Headend Satellite Receiver	POWER VU	D9850
72	Turner (TV SAT)	TCM	Program Receiver	POWER VU	D9850
73	TVE	TVE	Program Receiver	DVB	D9850
74	TVE	DOCU TVE	Program Receiver	DVB	D9850
75	TVE	24H TVE	Program Receiver	DVB	D9850
76	Digital Latin America (DLA)	(Guia PPV)	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
77	Digital Latin America (DLA)	PPV 1	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
78	Digital Latin America (DLA)	PPV 2	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
79	Digital Latin America (DLA)	PPV 3	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
87	Digital Latin America (DLA)	PPV 4	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
88	Digital Latin America (DLA)	PPV 5	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
89	Digital Latin America (DLA)	PPV 6	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
90	Digital Latin America (DLA)	PPV 7	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
91	Digital Latin America (DLA)	PPV 8	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
92	Digital Latin America (DLA)	PPV 9	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
93	Digital Latin America (DLA)	PPV 10	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
94	Digital Latin America (DLA)	PPV 11	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
95	Digital Latin America (DLA)	PPV 12	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
96	Digital Latin America (DLA)	PPV 13	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
97	Digital Latin America (DLA)	PPV 14(Adulto)	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
98	Digital Latin America (DLA)	PPV 15(Adulto)	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD

Tabla A.4 Canales a recepcionar (99 al 142)

#	Programador	Nombre del Canal	Equipo	Formato	Equipo
99	Turner (TV SAT)	Playboy TV Latin America	Program Receiver	POWER VU	D9850
100	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
101	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
102	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
103	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
104	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
105	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
106	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
107	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
108	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
109	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
110	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
120	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
..
..
..
140	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
141	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD
142	Digital Latin America (DLA)	music	Satellite Multiplex Decrypter	DIGICIPHER II	DSR-4400MD

ANEXO B
GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **ANS** Servidor de Anuncios. Contiene los mensajes que se le presentan al suscriptor para informarle sobre el estado de la red o del servicio solicitado.
- **ARPD** Recibe comunicaciones de los decodificadores (señales QPSK) y las transforma en paquetes UDP dirigidos al DAC y RADD.
- **ADLS** Asymmetric Digital Subscriber Line - Línea de Suscripción Digital Asimétrica (Tecnología para transmisión de datos digitales apoyados en pares de cobre.).
- **ASI** Interfaz Serie Asíncrona- es un gran ancho de banda (216 mbps), ampliamente utilizado la interfaz eléctrica diseñado para ser utilizado como entrada y la salida de la radiodifusión, cable y satélite codificadores y equipos de transmisión similares.
- **BER** Bit error rate- el número de bits o bloques incorrectamente recibidos, con respecto al total de bits o bloques enviados durante un intervalo especificado de tiempo.
- **BTA** Broadband Telecommunications Amplifier–amplificador de banda ancha.
- **CATV** Community Antenna Television – Red de Televisión por Cable.
- **CA** Call Agent-Equipo que provee control de llamadas para teléfonos IP
- **CPD** Common Path Distortion-Es la intermodulación entre portadoras de banda directa, cuyas diferencias o restas de frecuencias, caen en la banda de retorno restringiendo su espectro
- **CPE** Customer Premise Equipment. Equipo Local del Cliente
- **CMS** Call Management Server-Equipo administra las llamadas
- **CMTS** Cable Modem Termination Systems- Es un “Gateway” entre el mundo RF e IP para la operación de cable
- **DAC** Controlador de Acceso Digital-Equipo central que interactúa con los Set-to Box.
- **DBL** Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida.
- **DHEI** DigiCable Headend Expansion Interface.
- **DLA** Digital Latin America- empresa latinoamericana en ofrecer solicitudes de video y soluciones de contenido a operadores de cable.
- **DMX** Digital Music Express.- es un satélite directo emite servicio independiente de música que ofrece cerca de 100 canales de música.
- **DNS** Domain Name Server- es un sistema de nombres que permite traducir de nombre de dominio a dirección IP y vice-versa.

- CDP Dynamic Host Configuration Protocol.
- DOCSIS Data Over Cable Service Interface Specification - Especificación de Interfaz para Servicios de Datos sobre Cable (estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable).
- DS Downstream-trafico de bajada, es el trafico de headend hacia equipos del cliente final.
- DSCP Differentiated Services Code Point, hace referencia al segundo byte en la cabecera de los paquetes IP que se utiliza para diferenciar la calidad en la comunicación que quieren los datos que se transportan.
- DVB Digital Video Broadcasting- es una organización que promueve estándares aceptados internacionalmente de televisión digital.
- DVB-RCC Digital Video Broadcasting-Return Channel Cable- Uso para el retorno para transmisión por telefonía.
- DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing- es una técnica de transmisión de señales a través de fibra óptica usando la banda C (1550 nm).
- GigE Gigabit Ethernet- es una ampliación del estándar Ethernet, que consigue una capacidad de transmisión de 1 gigabit por segundo.
- ECC Código de corrección de errores- es un método utilizado para detectar y corregir los errores introducidos durante el almacenamiento o transmisión de datos.
- EMTA Embedded Multimedia Terminal Adapter. Es un dispositivo integrado por un cablemodem y un adaptador de VOIP.
- FEC Forward Error Correction.- es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin retransmisión de la información original.
- FDM Frequency Division Multiplexing.- es una modulación que consiste en enviar un conjunto de ondas portadoras de diferentes frecuencias.
- GI General Instrument, Fabricante de electrónica especializada en semiconductores y equipamiento de televisión por cable.
- HD High Definition- es un sistema de vídeo con una mayor resolución que la definición estándar, alcanzando resoluciones de 1280×720 y 1920×1080.
- HDTV High Definition Televisión.- es uno de los formatos que, sumados a la televisión digital (DTV), se caracteriza por emitir las señales televisivas

en una calidad digital superior a los demás sistemas.

- **HFC** Hybrid Fiber Coaxial – Híbrido Fibra-coaxial (red de Telecomunicaciones que combina la fibra óptica y el cable coaxial para la obtención de un gran ancho de banda).
- **Hub** Concentrador- el lugar donde se juntan todas las señales para generar señales RF, información enviada a los settops, o servicios de datos y Telefonía de la cabecera.
- **IP** Internet Protocol.- es un protocolo no orientado a conexión usado tanto por el origen como por el destino para la comunicación de datos a través de una red de paquetes conmutados..
- **LNB** Low Noise Block.- es un dispositivo utilizado en la recepción de señales procedentes de satélites.
- **MAC** Media Access Control.- es el conjunto de mecanismos y protocolos por los que varios "interlocutores" se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común.
- **MG** Media Gateway- proporciona el transporte de voz, datos, fax y vídeo entre la Red IP y la red PSTN.
- **MGC** Media Gateway Controller.- -o también denominado Softswitch, es el control de procesamiento con la red pública PSTN.
- **MGCP** Media Gateway Control Protocol.- es un protocolo de control de dispositivos, donde un gateway esclavo (MG, Media Gateway) es controlado por un maestro (MGC, Media Gateway Controller).
- **MP** Media Player. Reproducción de medios interactivos en la red HFC.
- **MPC** Media Player Controller.- Controlador de Reproductor de Medios, realiza el control de anuncios.
- **MPEG** Moving Pictures Experts Group.- estándar de compresión y de formatos de archivo de video digital.
- **MPTS** Multi-program Transport Streams- Se puede definir donde puede haber más de un programa multiplexado en un único flujo de transporte.
- **MTA** Multimedia Terminal Adapter.-Es un adaptador que convierte la señal de voz analógica en paquetes IP y viceversa.
- **MTC** Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones- Institución encargada de regular los servicios y vías de transporte, así como las comunicaciones a nivel nacional.
- **NTSC** National Television Systems Committee- es un sistema de codificación y

transmisión de Televisión en color analógica desarrollado en Estados Unidos en torno a 1940.

- OSS Operational Support Systems.
- OTDR Optical Time Domain Reflectometer, instrumento óptico-electrónico usado para caracterizar una fibra óptica.)
- PAL Phase Alternating Line- es un sistema de codificación de señales de televisión.
- PBX Private Branch Exchange- es una central telefónica conectada directamente a la red pública de teléfono por medio de líneas troncales.
- PCMM PacketCable MultiMedia.- define una plataforma basada en IP para entregar calidad de servicio mejorada servicios multimedia sobre DOCSIS.
- PCM Pulse Code Modulation- es un procedimiento de modulación utilizado para transformar una señal analógica en una secuencia de bits.
- PHD parallelhybrid-device.
- PPV Pay Per View.- televisión a la carta o pago por evento, es una modalidad de televisión de pago, en la que el abonado paga por los eventos individuales que desea ver.
- PSTN Public Switched Telephone Network.- Se define como la red telefónica pública conmutada.
- PVR Personal Video Recording.-Equipo que realiza grabación de video.
- QAM Quadrature amplitude modulation - modulación de amplitud en cuadratura.
- QoS Quality of Service- son las tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado.
- QPSK Quaternary Phase Shift Keying.- Es modulación por desplazamiento de fase.
- RKS Record Keeping Server.-recolecta los mensajes de packetcable para propósitos de facturación.
- RADD Remote Addressable DANIS/DLS- Es un servidor remoto cuya función es la de realizar las tareas periódicas relacionadas a los decodificadores Set-tops Box
- RS Reed Solomon.- es un código cíclico no binario utilizado para la detección y corrección de errores.
- RTPC Redes telefónicas públicas conmutadas. Son las siglas equivalentes a

las del inglés PSTN.

- SEM SmartStream Encryptor/Modulator.-Equipo que realizar la modulación en redes CATV.
- SG Signaling Gateway- es un componente de red responsable de la transferencia de mensajes de señalización.
- SS7 Signaling System 7- es un estándar para el control de la señalización en la PSTN (Red Telefónica Pública Conmutada).
- TFTP Trivial File Transfer Protocol- Es un protocolo de transferencia muy simple de archivos.
- TM transport multiplex-Datos comprimidos y multiplexados.
- ToF Time-of-Day-Es el tiempo de vida antes de que los datos sean eliminados.
- ToS Type of Service.-Tipo de servicio, si se aplica calidad de servicio.
- TS Transport Stream. Flujo de datos para su transporte.
- UDP User Datagram Protocol- es un protocolo del nivel de transporte basado en el intercambio de datagramas.
- UHF Ultra High Frequency - banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 300 MHz a 3 GHz.
- UPS Uninterruptable Power System- Batería de reserva y protección de gran calidad para equipos.
- US Upstream- El tráfico de subida, son los datos que pueden ser transferidos del cliente hacia la cabecera.
- VHF Very high frequency - banda del espectro electromagnético que ocupa el rango de frecuencias de 30 MHz a 300 MHz.
- VoD Video on Demand – Video bajo demanda (sistema de televisión que permite al usuario el acceso a contenidos multimedia de forma personalizada).
- VoIP Voz sobre IP- es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Internet Protocol).
- VPN Virtual Private Network- es una tecnología de red que permite una extensión de la red local sobre una red pública o no controlada.
- VSB Vestigial Side Band.- modulación en doble banda lateral o de una modulación AM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Walter S. Et. al, "Modern Cable Television Technology: Video, Voice, and Data Communications", Northwind-EEUU, 2004
2. Michael Adams, "Digital Broadcast Technologies Cisco Press", 2001
3. Jeff Riddel, PacketCable, Cisco.Press, 2007
4. WINSTON, Way. "Broadband HFC Access System Technologies". Bélgica: MacGraw-Hill, 2002. p. 25
5. TUNMANN, Ernest. Hybrid Fiber Optic/Coaxial (HFC) Networks. USA: MacGraw-Hill, 2003. ISBN: 0936648694
6. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, "Sistemas de Acceso Optico: Redes-HFC" http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf, Diciembre 2001
7. The International Engineering Consortiium, Web forum tutorials, "Hybrid Fibre Coaxial (HFC) Telephony", http://www.iec.org/online/tutorials/acrobat/hfc_tele.pdf.
8. Winston I, "Broadband Hybrid Fiber/Coax Access System Technologies" (Series in Telecommunications(Hardcover), Academic Pr, 1998
9. http://www.cisco.com/en/US/tech/tk86/tk319/tsd_technology_support_protocol_home.html, Technology White Paper
10. Walter Ciciora, "Modern Cable Television Technology", Second Edition (The Morgan Kaufmann Series in Networking), 2004.