

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES

PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA

DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES HFC
MULTISERVICIOS PARA LA EMPRESA GREEN TV EN
LA CIUDAD DE ESMERALDAS

MARIO VILLACRÉS BECHARA

Sangolquí – Ecuador

2008

CERTIFICACION

Certificamos que el Sr. Mario Villacrés Bechara desarrolló y finalizó el proyecto “Diseño de una Red de Telecomunicaciones HFC Multiservicios para la Empresa Green Tv en la ciudad de Esmeraldas” en su totalidad, como requerimiento para la obtención del título en la carrera de Ingeniería Electrónica en Telecomunicaciones, bajo nuestra dirección.

Ing. Rodrigo Silva
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

RESUMEN

El presente trabajo muestra el estudio y diseño de una red de telecomunicaciones HFC para la empresa "Green Tv" en la ciudad de Esmeraldas. Esta empresa es un operador de cable que actualmente cuenta con una red CATV, pero la evolución tecnológica ha puesto a disposición diversas alternativas para la implantación de nuevos servicios y se plantea la inevitable migración hacia una red híbrida: fibra óptica-cable coaxial (HFC), que maneje servicios convergentes como Televisión Analógica y Digital, Internet Banda Ancha, Transmisión de Datos, Telefonía, Video bajo Demanda (VoD), Pago por ver (PPV), Grabaciones de Video Digital (DVR), entre otros.

Se parte con la infraestructura de red actual que tiene Green Tv para la cual se utilizó un plano elaborado en Autocad que muestra la red de la empresa en la ciudad de Esmeraldas, para luego proponer un nuevo diseño con la arquitectura de red HFC multiservicio capaz de realizar transmisión bidireccional de información entre los usuarios y la red principal.

Este proyecto se basó principalmente en aspectos técnicos de la red bidireccional de datos; posteriormente se analizó la configuración y administración del sistema, el personal necesario para realizarlo, algunos aspectos regulatorios, económicos y comerciales generales para la implementación y explotación de la red.

DEDICATORIA

Este proyecto de grado se le dedico principalmente a Dios, por ser nuestro creador, amparo y fortaleza, cuando más lo necesitamos, y por hacer palpable su amor a través de cada uno de los que nos rodea.

En segundo lugar a mis padres Jacinto y Zobeida y mis dos hermanas Tanya y Karina que sin esperar nada a cambio, han sido pilares en mi camino y así, forman parte de este logro que me abre las puertas inimaginables en mi desarrollo profesional.

Una dedicatoria muy especial a mi hermano Pável y mi abuelita Anita, que son mis dos ángeles protectores que siempre están conmigo.

Finalmente a mi novia Romina, quien lleva en su vientre un gran fruto de nuestro amor, mi primogénito "Mario Valentín" que han servido como mi inspiración para la elaboración de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios, por amarnos tanto y haberme regalado estos seis años en esta prestigiosa institución que es la ESPE, que hoy reflejan el primer fruto, de muchos que vendrán, y que son producto de mi constancia y perseverancia.

A mis papis y hermanas, que me han regalado el derecho de crecer, y que en este proceso han estado conmigo, aunque a veces distantes, deben saber, que son el principal motor de mi motivación...los amo!

Un agradecimiento muy especial a la Empresa "Green Tv" por prestarme toda la ayuda posible para que este proyecto se convierta en realidad.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron en toda mi formación universitaria, que en todo tiempo me han apoyado y ayudado. A todos quienes no puedo nombrar porque sería una gran lista, sólo les digo que: "En todo tiempo nos queremos los amigos, porque somos como hermanos en tiempo de angustias".

A mis profesores a lo largo de toda mi carrera universitaria, que hoy pueden ver un reflejo de lo que han formado y que sin duda han calado hondo en mi vida, permitiéndome escoger esta profesión, por el amor que he visto reflejados en su desarrollo profesional.

Finalmente a mis profesores guías, Ing. Rodrigo Silva y el Ing. Rodolfo Gordillo, que han sido una gran ayuda y que sobre todo, me han sabido entender, aconsejar y guiar, en este proceso.

PRÓLOGO

La tecnología empleada en las redes de televisión por cable no sufrió intensas variaciones durante los últimos cincuenta años. Los sistemas tradicionales se enfocaron en la distribución de programas de televisión y difícilmente se pensaba en su conversión a verdaderas redes multiservicio. No obstante, el gran ancho de banda disponible en el cable coaxial convirtió a este medio de transmisión en una excelente opción para ofrecer servicios adicionales como la transmisión de datos para el acceso a Internet, la telefonía IP, paquetes de programación digital, video bajo demanda, pago por evento y juegos interactivos, entre otros.

Sin embargo, la adopción de nuevas opciones tecnológicas responde principalmente a la intensa competencia que se vive en el sector de las telecomunicaciones. En poco tiempo, otras compañías podrán ofrecer programación de televisión a través de conexiones inalámbricas, xDSL o IP, y el operador de cable habrá perdido la exclusividad del servicio. Por esta razón, es momento de buscar estrategias para incursionar en la oferta de otros servicios viables a través de las redes de cable, así como la forma de comercializarlos para garantizar en lo posible, su presencia dentro de un mercado cada vez más dinámico.

El propósito de este proyecto consiste en ofrecer a la empresa Green Tv siendo un operador de cable información relacionada con la transformación de una red de cable tradicional, en una red bidireccional de datos de banda ancha para ofrecer a los suscriptores diversos servicios empezando con el acceso a Internet obviamente más el servicio de televisión por cable.

El proyecto básicamente está dividido en 4 secciones. Comenzamos con el primer capítulo que es en sí la introducción, repasamos los conceptos básicos de un sistema de tv por cable que se van a necesitar, o que se debería conocer para realizar nuestro diseño de red HFC multiservicios; desde los componentes que conforman la cabecera de red hasta los equipos que se encuentran en la planta externa; y además muestra de manera general la infraestructura actual de la empresa Green Tv.

Continuamos con el segundo capítulo que es una visión general de las redes de acceso de banda ancha, centrándose en las redes HFC para tener claro los conceptos básicos, características generales, estructuras de diseño, entre otros; además se enfoca lo que son los cable módem: elementos, clases y estándares de esta tecnología.

Una vez realizado el marco teórico, se dedica un capítulo tres al diseño de la red HFC, el cuál significa el de mayor relevancia para nuestro proyecto; primero se tuvo que analizar y levantar necesidades de la red a diseñar, y estimar los usuarios potenciales; luego se procede a explicar qué servicios va a brindar, los requerimientos técnicos que necesita la nueva red, para finalmente entrar de lleno a la infraestructura de red HFC a diseñar; además se plantea el equipamiento tanto en la cabecera de red como en las instalaciones del usuario.

El cuarto y último capítulo se basa en algunos aspectos de gran importancia como son los recursos humanos, configuración y administración del servicio, aspectos regulatorios, económicos financieros y comerciales.

Se termina este proyecto con varias conclusiones y recomendaciones que nos serán de gran ayuda para futuras implementaciones de redes HFC multiservicios.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
PRÓLOGO	IV
GLOSARIO	7
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
1.3 ALCANCE DEL PROYECTO	16
1.4 OBJETIVOS	16
1.4.1 General	16
1.4.2 Específicos	17
1.5 INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL	17
1.5.1 Descripción general de un Sistema de Televisión por Cable	17
1.5.1.1 Componentes de un Sistema de Televisión por Cable.	17
1.5.1.2 Red de Cable.	19
1.5.1.3 Cabecera de Red.	20
1.5.1.4 Planta Externa.	27
1.5.1.5 Acometida.	31
1.5.1.6 Equipo Terminal.	32
1.5.1.7 Equipo de prueba.	32
1.5.2 Infraestructura de la Empresa de tv por cable “Green Tv”	33
1.5.2.1 Estación Terrena.	34
1.5.2.2 Satélites.	36
1.5.2.3 Recepción Satelital.	37
1.5.2.4 Características y configuración de la red de cable coaxial.	39
1.5.2.5 Descripción del servicio que ofrece a los usuarios del sistema.	40
1.5.2.6 Lista de los equipos que conforman el sistema.	43
CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO	45
2.1 INTRODUCCIÓN A LOS SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET DE BANDA ANCHA	45
2.1.1 ¿Qué es banda ancha?	45
2.1.2 ¿Qué operadores ofrecen servicios de banda ancha?	46
2.1.3 Señales Digitales	48
2.2 REDES DE ACCESO DE BANDA ANCHA	50
2.3 RED DE CABLE	52
2.4 REDES HFC Y CABLE-MÓDEM	55
2.4.1 Introducción a la tecnología HFC	55
2.4.2 Antecedentes históricos	56
2.4.3 Características generales de las redes HFC	57
2.4.4 Arquitectura de la Red HFC	59

2.4.5	<u>Estructura de la red HFC</u>	61
2.4.5.1	<u>Cabecera (Head-End).</u>	61
2.4.5.2	<u>Red troncal.</u>	62
2.4.5.3	<u>Red de distribución.</u>	63
2.4.6	<u>¿Qué es el cable-módem?</u>	66
2.4.6.1	<u>Elementos de Red de Cable-modems.</u>	67
2.4.6.2	<u>Etapas de Evolución de Cable-modems.</u>	67
2.4.6.3	<u>Clases de Módem.</u>	68
2.4.7	<u>Estándares de la tecnología HFC</u>	69
2.4.7.1	<u>DOCSIS (<i>Data Over Cable Service Interface Specification</i>).</u>	69
2.4.7.2	<u>DVB-RCC (Return Channel Cable).</u>	72
2.4.7.3	<u>EuroDOCSIS.</u>	72
2.4.7.4	<u>OpenCable.</u>	72
2.4.8	<u>Servicios y aplicaciones de la tecnología HFC</u>	73
 CAPITULO 3 DISEÑO DE LA RED E INFRAESTRUCTURA HFC		 76
3.1	<u>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</u>	76
3.2	<u>USUARIOS POTENCIALES</u>	77
3.3	<u>PRODUCTOS O SERVICIOS A BRINDAR</u>	77
3.3.1	<u>Servicio de distribución de TV (Analógica y Digital)</u>	78
3.3.2	<u>Los servicios de Internet y datos</u>	78
3.3.3	<u>El servicio de telefonía o servicios de voz</u>	79
3.3.4	<u>Servicios avanzados e interactivos</u>	80
3.4	<u>REQUERIMIENTOS TÉCNICOS</u>	80
3.4.1	<u>Características de la red</u>	80
3.4.2	<u>Características del equipamiento de cabecera y de la señal entregada en el punto de conexión de cabecera</u>	81
3.4.2.1	<u>Características de RF.</u>	81
3.4.2.2	<u>Características de vídeo.</u>	81
3.4.2.3	<u>Características de sonido.</u>	81
3.4.3	<u>Especificaciones de punto de terminación de red</u>	82
3.4.3.1	<u>Características físicas.</u>	82
3.4.3.2	<u>Características eléctricas.</u>	82
3.4.4	<u>Características de la señal de TV analógica en el punto de terminación de red</u>	82
3.4.4.1	<u>Nivel de señal radiodifusión sonora en FM.</u>	82
3.4.4.2	<u>Relación portadora/ruido.</u>	82
3.4.4.3	<u>Respuesta amplitud/frecuencia.</u>	83
3.4.4.4	<u>Características de vídeo.</u>	83
3.4.5	<u>Niveles De Calidad De Servicio (QoS)</u>	83
3.4.5.1	<u>Mantenimiento</u>	83
3.4.5.2	<u>Índices de Calidad de Servicio y Metas</u>	83
3.4.5.3	<u>Registro de Usuarios</u>	85
3.4.5.4	<u>Puntos de Prueba</u>	85
3.5	<u>DISEÑO DE LA RED HFC</u>	86
3.5.1	<u>Descripción general del servicio</u>	86
3.5.2	<u>Migración a la red HFC</u>	88
3.5.3	<u>Crecimiento de Redes HFC</u>	89
3.5.4	<u>Criterios generales</u>	92
3.5.4.1	<u>Red de distribución coaxial.</u>	92
3.5.4.2	<u>Red Troncal Final de Fibra Óptica.</u>	94

<u>3.5.4.3</u>	<u>Red Troncal Primaria De Fibra Óptica.</u>	95
<u>3.5.5</u>	<u>Diseño de un enlace óptico</u>	96
<u>3.5.5.1</u>	<u>Ejemplo 1</u>	97
<u>3.5.5.2</u>	<u>Ejemplo 2</u>	99
<u>3.5.6</u>	<u>Red HFC Multiservicios</u>	103
<u>3.6</u>	<u>INFRAESTRUCTURA</u>	107
<u>3.6.1</u>	<u>Panorama general</u>	107
<u>3.6.2</u>	<u>Bidireccionalidad</u>	107
<u>3.6.2.1</u>	<u>Asignación del espectro en la red de cable.</u>	108
<u>3.6.2.2</u>	<u>Balanceo de la Red.</u>	109
<u>3.6.2.3</u>	<u>Localización de ingresos y ruido en la planta externa.</u>	109
<u>3.6.3</u>	<u>Equipamiento del CRC (Centro de Recepción y Control)</u>	111
<u>3.6.3.1</u>	<u>CMTS.</u>	111
<u>3.6.3.2</u>	<u>Servidores de respaldo ('back office').</u>	112
<u>3.6.4</u>	<u>Equipamiento en las instalaciones del usuario</u>	114
<u>3.7</u>	<u>ACCESO A INTERNET</u>	115
 <u>CAPITULO 4 ASPECTOS VARIOS</u>		116
<u>4.1</u>	<u>RECURSOS HUMANOS</u>	116
<u>4.2</u>	<u>CONFIGURACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SERVICIO</u>	116
<u>4.3</u>	<u>ASPECTOS REGULATORIOS</u>	119
<u>4.4</u>	<u>ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS</u>	121
<u>4.5</u>	<u>ASPECTOS COMERCIALES</u>	122
 <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>		125
<u>CONCLUSIONES</u>		125
<u>RECOMENDACIONES</u>		127
 <u>ANEXOS</u>		128
 <u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>		140

INDICE DE TABLAS

<u>Tabla. 1.1. Distribución en frecuencia de los distintos servicios actuales</u>	23
<u>Tabla. 1.2. Antenas parabólicas con sus respectivos satélites</u>	35
<u>Tabla. 1.3. Antenas locales</u>	36
<u>Tabla. 1.4. Programación de canales</u>	41
<u>Tabla. 1.5. Equipos que conforman "GREEN TV"</u>	43
<u>Tabla. 2.1. Comparación cualitativa entre las redes de acceso</u>	52
<u>Tabla. 2.2. Características generales</u>	58
<u>Tabla. 2.3. Comparación entre diversos estándares DOCSIS</u>	70
<u>Tabla. 3.1. Atención a reclamos</u>	84
<u>Tabla. 3.2. Parámetro de tiempo de respuesta</u>	85
<u>Tabla. 3.3. Mantenimiento Planta Externa</u>	110
<u>Tabla. 3.4 Servidores de respaldo</u>	112
<u>Tabla. 3.5. Elementos en un CRC</u>	113
<u>Tabla. 4.1. Equipos con sus respectivas descripciones y consideraciones</u>	121
<u>Tabla. 4.2. Tarifas para suscriptores residenciales y empresariales</u>	123

INDICE DE FIGURAS

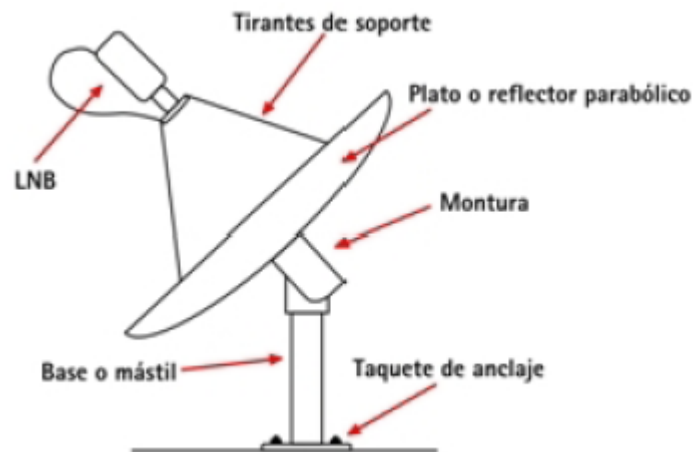
Figura. 1.1. Componentes de un Sistema de Televisión por Cable	18
Figura. 1.2. Red de Cables	20
Figura. 1.3. Cabecera de Red	20
Figura. 1.4. Sistemas de Recepción de señales	21
Figura. 1.5. Sistema de Procesamiento de Señal	22
Figura. 1.6. Sistemas de la Cabecera de Red	23
Figura. 1.7. Adquisición de Señales Programación Local	24
Figura. 1.8. Red Combinatoria	27
Figura. 1.9. Sectores de la Planta Externa	28
Figura. 1.10. Red de distribución	30
Figura. 1.11. Acometida	31
Figura. 1.12. Caja Decodificadora	32
Figura. 1.13. Red CATV de “Green Tv”	34
Figura. 2.1. Señales analógicas	48
Figura. 2.2. Señales digitales	49
Figura. 2.3. Redes de acceso	50
Figura. 2.4. Cables de FO	53
Figura. 2.5. Arquitectura de Red HFC	60
Figura. 2.6. Red HFC con su respectiva distribución	61
Figura. 2.7. Cabecera de una Red HFC	62
Figura. 2.8. Red Troncal Primaria y Primarios	63
Figura. 2.9. Red Troncal Secundaria	63
Figura. 2.10. Red de distribución de coaxial	64
Figura. 2.11. Acometida	64
Figura. 2.12. Red interior de cliente	65
Figura. 2.13. Esquema General de la Red - Servicio de Cable-módems	67
Figura. 2.14. Estándar DOCSIS con sus respectivos canales	71
Figura. 3.1. Servicios de Telecomunicación integrados	76
Figura. 3.2. Servicios de distribución de TV	78
Figura. 3.3. Servicios Internet y datos	79
Figura. 3.4. Servicios de Telefonía o de voz	79
Figura. 3.5. Estructura de red bidireccional de cable para Tx de datos	87
Figura. 3.6. Estructura de red unidireccional típica para tv por cable	87
Figura. 3.7. Red Típica CATV	88
Figura. 3.8. Migración a red HFC	89
Figura. 3.9. Red HFC Mejorada	89
Figura. 3.10. Módulo Escalonado	90
Figura. 3.11. Módulo Constante	90
Figura. 3.12. Estructura Anillo-Estrella	91
Figura. 3.13. Estructura Doble Anillo	91
Figura. 3.14. Estructura Anillo-Anillo-Estrella	91
Figura. 3.15. Red de distribución coaxial	93
Figura. 3.16. Red Troncal final de fibra óptica	95
Figura. 3.17. Red Troncal Primaria de Fibra Óptica	96
Figura. 3.18. Enlace de dos puntos	97
Figura. 3.19. Curva de atenuación en la fibra óptica	97
Figura. 3.20. Enlace con fusiones y conectores	98
Figura. 3.21. Enlace óptico de dos poblaciones	100
Figura. 3.22. Arquitectura HFC	103

<u>Figura. 3.23. Diseño lógico de la red HFC para 2500 suscriptores</u>	105
<u>Figura. 3.24. Diseño físico de la red HFC</u>	105
<u>Figura. 3.25. Diseño Lógico de la red HFC para 12000 suscriptores</u>	106
<u>Figura. 3.26. Red de Cable Bidireccional</u>	107
<u>Figura. 3.27. Asignación típica del espectro en la red de cable</u>	108
<u>Figura. 3. 28. Diferentes modelos de CMTS</u>	111
<u>Figura. 3. 29. Especificaciones del CMTS Cadant C3 de Arris</u>	112
<u>Figura. 3.30. Equipamiento del CRC según especificación DOCSIS</u>	113
<u>Figura. 3.31. Equipamiento de cablemódem en las instalaciones del usuario</u>	114
<u>Figura. 3.32. Vista frontal y posterior de un cablemódem</u>	115
<u>Figura. 4.1. Equipo de medición de Sunrise</u>	119
<u>Figura. 4.2. Equipo de medición de Acterna</u>	119

GLOSARIO

- **Acometida:** Línea física que conecta la línea de distribución con el Terminal del suscriptor.
- **Amplificador:** Dispositivo activo utilizado para aumentar el nivel de operación de una señal de entrada.
- **Amplificadores de línea:** Dispositivo empleado para aumentar el nivel de la señal que viaja por una acometida.
- **Amplificador Troncal:** Amplificador de bajo ruido y bajas distorsiones, que opera con niveles relativamente bajos, usado para líneas troncales. La principal línea de distribución usada en CATV, luego esta se divide y alimenta a las distribuciones.
- **Amplificador Troncal/Puente:** Conjunto de amplificador troncal y amplificador puente, donde se deriva parte de la señal de la red troncal para alimentar al amplificador puente, el cual se caracteriza por niveles relativamente altos de operación, con varias salidas de distribución.
- **Ancho de Banda:** Medida del espectro utilizado o la capacidad de un determinado medio.
- **Antena:** Dispositivo usado para la transmisión o recepción de señales por aire

- **Antena parabólica:** Tipo de antena de alta ganancia que se caracteriza por llevar un reflector parabólico. Una antena puede ser utilizada para la recepción y/o transmisión de señales electromagnéticas de alta frecuencia.



Antena Parabólica

- **Atenuación:** Es la pérdida de potencia a una determinada frecuencia. Se expresa generalmente en decibel por unidad de longitud. Varía por el tipo de material empleado, por la temperatura y se incrementa al aumentar la frecuencia.
- **Atenuador óptico:** Dispositivo empleado para reducir el exceso de potencia óptica en algunos enlaces. Las técnicas de construcción son muy variadas y algunas de ellas se basan en el principio de exceder el mínimo radio de curvatura de la fibra para dejar escapar cierta cantidad de luz.
- **Banda C:** Banda de frecuencia de 3.7 a 4.2 GHz utilizada en la distribución de programación por la mayoría de los satélites y redes de cable. El tamaño de las antenas utilizadas para la recepción y transmisión en banda

C es relativamente grande en comparación con las dimensiones de las utilizadas en banda Ku.

- **Banda Ku:** Banda de frecuencia comprendida entre 11.7 y 12.2 GHz.
- **Cablemódem:** Equipo modulador-demodulador colocado en las instalaciones del suscriptor para establecer comunicaciones de datos a altas velocidades en un sistema de televisión por cable.
- **Cascada:** Es la configuración de dispositivos (amplificadores) conectados en secuencia, utilizándose la salida de uno de ellos para alimentar la entrada del siguiente.
- **Conector tipo F:** La pieza final en un cable de acometida. El conector F macho tiene un conductor central que sobresale y se conecta ya sea a una caja decodificadora, a una televisión lista para cable o a otro equipo terminal. El conector F hembra es aquel a donde se introduce el conector F macho.

Conector F



- **Crominancia:** Porción de la señal de televisión a color en el estándar NTSC que contiene la información del color. Está formada por componentes de los tres colores primarios (RGB).
- **dB (Decibel):** Unidad basada en logaritmos que expresa la razón de dos niveles de potencia.
- **dBmV:** Unidad de medición referida a un milivolt sobre una impedancia específica. Cabe señalar que la nomenclatura correcta es dBmV cuando se realizan mediciones absolutas (por ejemplo, el nivel de señal en un punto

determinado). Por otro lado, se utiliza la nomenclatura dB cuando se realizan mediciones relativas (por ejemplo, pérdida o ganancia de señal).

- **Distorsión:** Es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma.
- **Divisor:** Dispositivo que divide la señal en igual proporción, hacia dos o más salidas.
- **Divisor Óptico:** Dispositivo pasivo, el cual divide la señal de un conductor óptico de entrada, en igual proporción, hacia dos o más conductores ópticos de salida.
- **DSR:** Receptor Digital Satelital. Dispositivo utilizado en una cabecera de un sistema de televisión por cable para recibir y decodificar las señales provenientes de un satélite.
- **Efecto embudo (Funneling):** Efecto que se produce por la suma de ruidos y distorsiones en la trayectoria de retorno de una red de cable. Se bautizó así debido a que se forma un “cuello de botella” entre las instalaciones de los numerosos clientes y la cabecera.
- **Elementos activos:** Son aquellos dispositivos que amplifican las señales y que requieren de energía para poder funcionar.
- **Elementos pasivos:** Son aquellos equipos que no amplifican las señales y que no requieren energía para funcionar.
- **FEC:** Corrección Directa de Errores. Es un método de corrección que consiste en agregar información adicional al flujo de datos para reparar errores que ocurren en la transmisión.

- **Fase diferencial:** Parámetro de distorsión no lineal en video. Es ocasionado por los cambios en fase de la señal subportadora de color y se mide en grados.
- **Fibra Óptica:** Es una guía de onda dieléctrica que funciona a frecuencias ópticas, confina la energía electromagnética en forma de radiación óptica, para guiarla en dirección paralela a su eje longitudinal.
- **FTTX:** (Fibra hasta X). Término genérico que se utiliza para describir las arquitecturas que utilizan fibra óptica, por ejemplo: Fibra hasta el nodo (FTTN), Fibra hasta el edificio (FTTB) o Fibra hasta la casa (FTTH).
- **Fuente de Energía:** Transformador autorregulado que entrega corriente alterna para alimentar los amplificadores de un sistema.
- **Ganancia diferencial:** Es el resultado de no linealidades en el sistema. En la televisión a color, es provocada por variaciones de amplitud en la subportadora de color. Se expresa con un porcentaje.
- **Head End:** Es el centro de recepción y control, fundamentalmente esta constituido por un conjunto de antenas adecuadas para la recepción de las diversas señales como son preamplificadores, receptores vía satélite, decodificadores, moduladores y procesadores, equipo para la generación local, equipos codificadores y cualquier equipo para el procesamiento de las señales.
- **Hub:** Dispositivo que integra distintas clases arquitecturas, cableados o tipos de redes. El término es comúnmente utilizado para identificar sistemas que mantienen una fuerte dependencia hacia un punto central.
- **Impedancia:** La oposición al flujo de corriente causada por las propiedad inductivas y capacitivas del cable coaxial. En un sistema que trabaja a

máxima eficiencia, la impedancia del transmisor, la del receptor y la del cable deben ser iguales. De no ser así se producirán reflexiones que degradarán el funcionamiento del sistema. La impedancia característica no depende de la longitud del cable ni de la frecuencia.

- **IRD:** Receptor Satelital con Decodificador Integrado.
- **LNB:** Convertidor de bloque de bajo ruido. Combinación de un amplificador de bajo ruido (LNA) y un convertidor de bloque que amplifica y traslada la señal a una frecuencia más baja.
- **Luminancia:** En una señal de televisión, la luminancia se forma por componentes de los tres colores primarios (RGB) en las proporciones adecuadas para obtener el color blanco de referencia. La luminancia corresponde a los niveles de gris de la imagen.
- **Modulador:** Dispositivo que realiza la modulación. Equipo electrónico requerido para combinar las señales de audio y video y convertirlas a radiofrecuencias (RF) para su distribución sobre el sistema de CATV.
- **QAM:** Modulación por Amplitud en Cuadratura. Forma de modulación digital en la cual ambas, la información en amplitud y en fase, son simultáneamente modificadas de un símbolo a otro.
- **Rack:** Bastidor destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones. Sus medidas están normalizadas para que sea compatible con equipamiento de cualquier fabricante.
- **Receptor del suscriptor:** es el equipo capaz de recibir las señales de audio, video y datos transmitidas a través de la Red de Distribución por cable físico, que pertenece al suscriptor.

- **Receptor óptico:** Dispositivo activo que recibe una señal de luz y la convierte a radiofrecuencia.
- **Receptor satelital:** Dispositivo utilizado en la cabecera (Head End) de un sistema de televisión por cable para recibir y decodificar las señales provenientes de un satélite.
- **Red HFC (Híbrida Fibra - Coaxial):** Red de telecomunicaciones compuesta por secciones de fibra óptica y de cable coaxial.
- **RF: Radiofrecuencia.** Señal electromagnética por encima del audio y por debajo de las frecuencias infrarrojas. La televisión por cable y las redes de banda ancha usan tecnología RF.
- **Splitter:** Dispositivo pasivo para la distribución de las señales de CATV divisor en dos o más salidas, para ser enviadas a varios receptores simultáneamente.
- **Suscriptor:** Usuario de los servicios proporcionados por el sistema de cable.
- **Tap:** Dispositivo nexo entre la red de distribución y el abonado.
- **Topología:** Topología de red es la disposición física en la que se conectan los nodos de una red. La topología de red la determina únicamente la configuración de las conexiones entre nodos.
- **Transmisor Óptico:** Dispositivo que convierte una señal eléctricamente modulada en una señal óptica para difundirla a través de una fibra óptica.
- **Unidad de Rack:** Es el espacio que se debe mantener entre los equipos en un rack. Es equivalente a la altura mínima de un equipo.

- **Vectoroscopio:** Es un dispositivo cuya función es medir la información de color en las señales de televisión, específicamente, en la subportadora de color. Mediante este equipo se puede determinar la saturación y el tono de los colores de las imágenes.
- **Video por Demanda (VoD):** Sistema que permite al suscriptor seleccionar y ver contenidos en cualquier momento y con la posibilidad de usar opciones como pausa, adelantar, atrasar o brincar escenas

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

GREEN TV es una empresa que presta servicios de video por suscripción en la ciudad de Esmeraldas cuyo representante es el Sr. Gregorio Baldomero Bodniza Velasco. *GREEN TV* Esmeraldas, cuenta actualmente con aproximadamente 2500 clientes a los cuales ofrece el servicio de video suscripción en un solo paquete de 60 canales, 50 internacionales y 10 nacionales, y está ocupando el espectro de canales de 54 MHz a 390 MHz.

La empresa utiliza una red de cable coaxial instalada en el corredor central de Esmeraldas utilizando cable RG-500 autosoportado para distribuir señales de audio y video codificadas que provienen de diferentes satélites comerciales.

La Estación Terrena o *Head-End*, está ubicada en la calle Santa Rosa y 9 de Octubre, Barrio "Vista al Mar" del Cantón Esmeraldas desde donde se origina y adapta toda la información de video y audio que se transmitirá a través de la misma, por medio de la red de cable coaxial.

Debido a las necesidades de la demanda por nuevos servicios como internet a alta velocidad y telefonía, *GREEN TV* está interesada en realizar la expansión de su red actual utilizando tecnología HFC en los sectores de cobertura actual y otros nuevos lugares.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Uno de los aspectos claves que marcan el desarrollo de las redes de telecomunicaciones actuales es el de las tecnologías de acceso de banda ancha. Las tendencias más claras que se perfilan son aquellas basadas en una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial, también una combinación de fibra y transmisión digital de alta velocidad sobre el par de cobre y las basadas en comunicaciones inalámbricas de banda ancha.

La importancia de este proyecto radica en la tendencia actual que nos lleva a considerar a las redes híbridas HFC como una solución efectiva para llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño con una amplia variedad de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones como son los de vídeo bajo demanda (VOD), pago por visión (PPV), vídeo juegos interactivos, videoconferencia, telecompra, telebanca, acceso a bases de datos.

Sin embargo, en la actualidad los servicios que se han convertido en la principal prioridad son los de acceso a Internet a alta velocidad y telefonía, motivo por el cual la empresa Green Tv pretende realizar un diseño de una red de telecomunicaciones multiservicios dentro la ciudad de Esmeraldas.

1.3 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto contempla el estudio y diseño de una red de Telecomunicaciones HFC en la localidad de la ciudad de Esmeraldas. Se tendrá en consideración esencialmente la infraestructura de la red, equipos y costos de implementación.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Diseñar una red de Telecomunicaciones HFC multiservicios para la empresa Green Tv en la ciudad de Esmeraldas.

1.4.2 Específicos

- Analizar la red e infraestructura actual de la Empresa “Green Tv” Esmeraldas.
- Diseñar la nueva infraestructura de la red de Telecomunicaciones HFC.
- Analizar y escoger los equipos que se van a utilizar en la red.
- Analizar los costos de implementación del proyecto.

1.5 INFRAESTRUCTURA DE RED ACTUAL

1.5.1 Descripción general de un Sistema de Televisión por Cable

Un operador de cable es una empresa adjudicataria de una concesión administrativa para la gestión de una “Red de Cable”, con la que ofrecen servicios de telecomunicaciones al público.

La televisión por cable se ha especializado en la transmisión de numerosas señales de televisión en un espectro aislado.

1 Componentes de un Sistema de Televisión por Cable.

Existen cinco partes principales en un sistema de cable:

- La *cabecera*,
- La *red troncal*,
- La *red de distribución*,
- La *acometida* y
- Los *equipos terminales* (equipo de suscriptor).

La Cabecera.- es el punto de origen de las señales a transmitir. Cuenta con antenas parabólicas para recibir señales satelitales, antenas de alta ganancia para tv abierta, máquinas de video tape para reproducir material grabado y estudios de producción (sólo en algunos casos).

Red troncal.- transporta la señal a la zona que requiere del servicio. Se busca conservar la calidad de la señal, utilizando equipos amplificadores.

Red de distribución.- se conecta a la red troncal mediante un *amplificador puente* y pasa por enfrente de las casas, generalmente a un lado de los cables de luz.

Acometida.- es un cable coaxial flexible utilizado para llevar la señal desde el cable de distribución hasta la casa.

Tap.- es la interfaz entre el cable troncal y el cable de distribución, así como entre el cable de distribución y la acometida.

Caja decodificadora (equipo terminal).- acondiciona la señal para poder ser reproducida en una televisión no fabricada con la capacidad de desplegar todos los canales que el cable transporta, o bien, sirve como filtro para proporcionar al suscriptor únicamente los canales que ha pagado. En los casos más sencillos, el equipo terminal es la televisión del suscriptor. Si se necesita, se coloca un *conversor* entre el cable y la televisión.

Se utiliza cable coaxial entre el equipo terminal y el tap de la red de distribución.

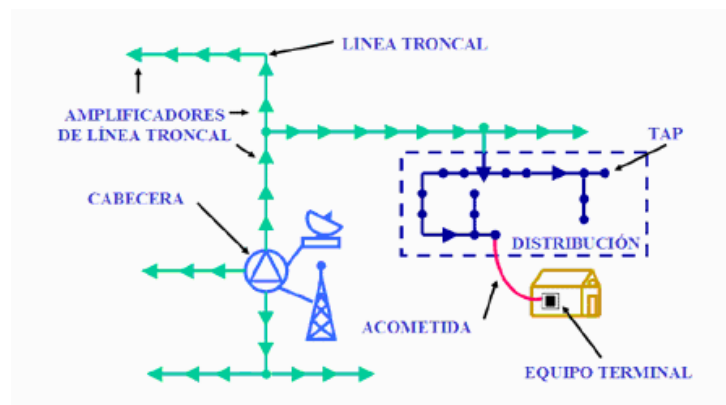


Figura. 1.1. Componentes de un Sistema de Televisión por Cable

2 Red de Cable.

Un sistema de cable consiste en una infraestructura de Red de Cable que interconecta un centro de gestión con multitud de usuarios para la distribución de programas de video y otros servicios de comunicaciones.

La estructura típica de una red de cable utiliza una “topología tipo árbol”. Toda Red de Cable consta de Centros de Operación, Red de Cable y Equipos de Abonado.

En los Centros de Operación se encuentran situadas las centrales de conmutación de telefonía y las cabeceras de CATV (Televisión por Cable). La Cabecera es el emplazamiento en el que están situados los sistemas y equipos responsables de la distribución de señales (eventos/programas) por la red. Además de programar las emisiones dispone de equipos que gestionan y supervisan el funcionamiento de la red.

La Red de Cable permite la distribución de las señales entre los Centros de Operación y los hogares. La red se estructura en tres niveles:

- Red Troncal.- Interconecta la cabecera o la central de conmutación con los Nodos Primarios y Secundarios localizados en cada demarcación. Debe asegurar la redundancia de caminos hacia esos puntos. Los Nodos Primarios suelen dar servicio a zonas de entre 20.000 y 60.000 hogares, mientras que los Nodos Secundarios dan servicio a zonas de unos 2.000 hogares.
- Red de Distribución.- Enlaza los Nodos Primarios y Secundarios localizados en la red troncal con los Nodos terminales, que dan servicio a un área típica de unos 500 hogares.
- Red de Abonado o Acometida.- Enlaza el Nodo Terminal con el equipo situado en el hogar del abonado.

Los 'Equipos de Abonado' se sitúan en el hogar del abonado, conectados a la 'Red de Abonado', y permiten a éste disponer de los servicios contratados con el Operador.

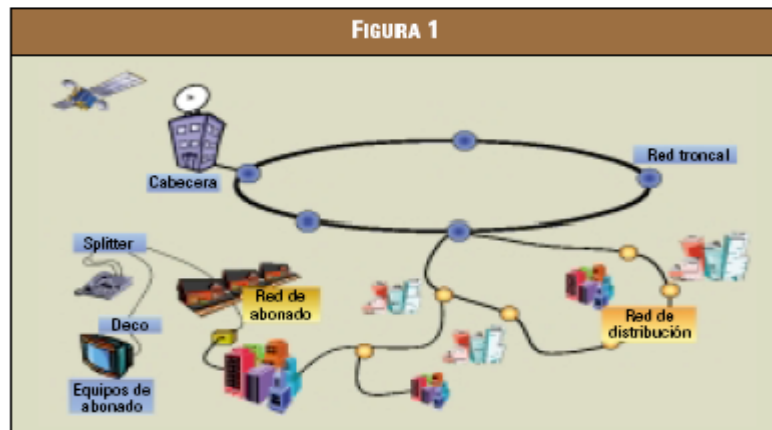


Figura. 1.2. Red de Cables

3 Cabecera de Red.

La cabecera es el *centro de recepción (CRC)*, procesamiento, control y transmisión de todos los servicios que un sistema de televisión por cable puede ofrecer. Es el cerebro de toda la red y desempeña numerosas funciones cuya complejidad avanza al mismo ritmo del incremento de los servicios.

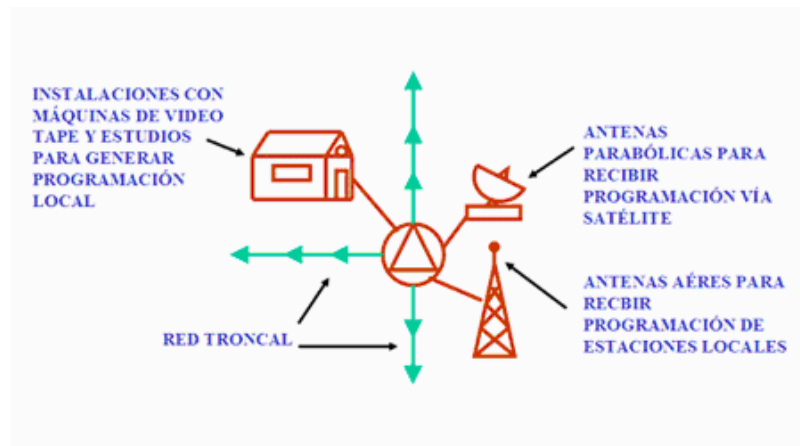


Figura. 1.3. Cabecera de Red

Es por ello que el mantenimiento de la cabecera se vuelve muy delicado y que la necesidad de contar con programas de mantenimiento preventivo, planear la migración hacia nuevas tecnologías y prever el crecimiento sin perder la organización, se convierten en acciones indispensables para mantener a los equipos funcionando correctamente.

La Cabecera consta de una serie de sistemas necesarios para la planificación de la programación de las emisiones, para la distribución de las señales y para la supervisión de los elementos de Red y de los Abonados. Es decir, diseña las parrillas de los canales, negocia con las distribuidoras de programas y películas y gestiona los equipos del cliente para facturar los canales contratados y los servicios *Payper View* disfrutados.

- Sistema de Recepción de Señales: Son todos los equipos de antenas destinados a la recepción de emisiones de radio y televisión que van a ser distribuidas por la red.



Figura. 1.4. Sistemas de Recepción de señales

- Sistema de Procesamiento de Señal: Es el conjunto de equipos responsables del tratamiento de las señales (filtrado, demodulación, modulación y encriptado) antes de que estas sean lanzadas a la Red de Cable.



Figura. 1.5. Sistema de Procesamiento de Señal

- Sistema de Supervisión y Control de red: Monitoriza todos los elementos del sistema, desde la cabecera hasta la red de abonado.
- Sistema de Gestión de red: Engloba todos los sistemas destinados a altas/bajas de usuarios, facturación de abonados, peticiones de eventos, etc.

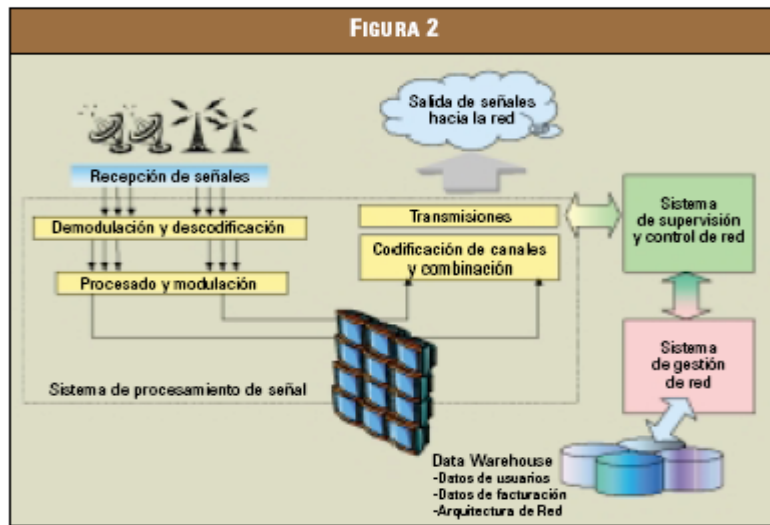


Figura. 1. 6. Sistemas de la Cabecera de Red

Dentro de las labores de la Cabecera se incluye la distribución de los canales en frecuencias adecuadas que minimicen el efecto de las interferencias que introducen en la red los elementos de alimentación de la red o los equipos de abonado.

Tabla. 1.1. Distribución en frecuencia de los distintos servicios actuales

TABLA 1. DISTRIBUCIÓN EN FRECUENCIA DE LOS DISTINTOS SERVICIOS ACTUALES		
Descendente (MHz)	Servicios	Capacidad total
86-108	Audio digital	145 canales
	Gestión de equipos	1 canal
118-550	Gestión de terminal de abonado	1 canal
550-606	Canales de TV analógica	54 canales
	Telefonía	240 líneas/zona 500 hogares
	Datos	1 canal x 30 Mbps/ zona 500 hogares
606-862	Canales de TV digital	197 canales
Ascendente (MHz)	Servicios	Capacidad total
5-8.3	Sin servicio	
8.3-65	Telefonía	240 líneas/zona 500 hogares
	Datos	1 x 30 Mbps/ zona 500 hogares
	Retorno terminal de abonado	1 canal
	Gestión de equipos	1 canal

A partir de la cabecera, la señal se entrega al suscriptor mediante la red troncal del sistema de cable, que forma las ramas principales de la topología de árbol.

El sistema de cabecera puede consistir únicamente en un punto central o puede estar integrado por varios nodos comunes.

Una cabecera puede dar servicio a una o a varias localidades conectadas por el sistema de red troncal.

Generalmente, las “extensiones” o “ampliaciones” a poblaciones cercanas utilizan el mismo CRC.

Adquisición de Señales Programación Local. Las señales de televisión abierta son una muy importante fuente de programación. Las señales las proporcionan las televisoras locales asignadas a las bandas de VHF y UHF.

En muchos casos, las redes de cable son el único medio por el que la televisión abierta llega a lugares en donde la recepción directa de la señal es pobre o no existe.

Las redes de cable reciben las señales de televisión abierta de antenas aéreas tipo 'yagui' o vía microondas, para ser luego amplificadas y procesadas en la cabecera.

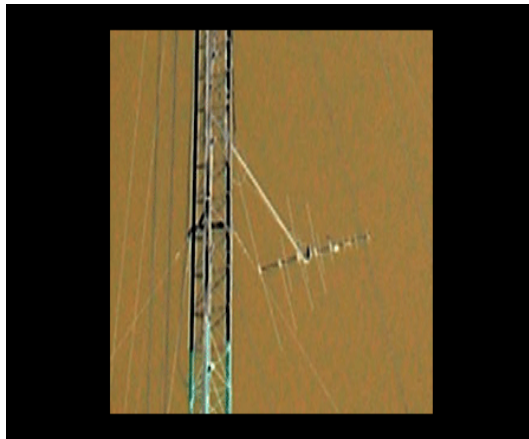


Figura. 1.7. Adquisición de Señales Programación Local

Satélites. Los satélites de comunicaciones que se utilizan para televisión por cable se encuentran en la órbita geoestacionaria.

Las bandas que utilizan los satélites para conducir señales de televisión son la *banda 'c'* (enlaces descendentes de 3.7 a 4.3 GHz) y la *banda 'ku'* (enlaces descendentes de 11.7 a 12.2 GHz).

Los satélites cuentan con varios canales llamados *transpondedores*, cada uno de los cuales puede enviar uno o más programas de televisión hacia la cabecera.

Para aprovechar al máximo la capacidad de los transpondedores, se envían entre 6 y 14 señales de televisión digitalizadas y comprimidas.

Para recibir las señales satelitales, la cabecera debe contar con antenas parabólicas orientadas a los satélites de los que se desea recibir la programación.

La señal recibida por la antena parabólica alimenta a un equipo demodulador que convierte la señal de radio frecuencia en una señal de televisión que pueda ser procesada por el equipo de la red de cable.

Si la programación se encontraba codificada, será necesario utilizar un *receptor/decodificador integrado* (o *IRD*, por sus siglas en inglés), que tenga la clave para descifrar la información recibida.

Satélites y Microondas. Para planear un sistema de recepción satelital para una red de cable, se debe realizar un estudio de frecuencias tan pronto se han escogido los satélites a utilizar.

Las portadoras de microondas más comunes, como las de sistemas de telefonía local, utilizan la misma banda de frecuencia que muchos sistemas satelitales.

Una solución es construir un escudo protector cerca de la antena o construir una montaña artificial en la dirección de la interferencia.

Si no se tiene solución se debe relocalizar la antena a donde no haya interferencia.

Procesamiento de Señales. Las señales que se reciben en la cabecera son ajustadas a través de “procesadores de video” y de “procesadores de audio”.

Por medio de los equipos procesadores es posible modificar los distintos parámetros de las señales de audio y de video para garantizar que sean de excelente calidad.

Algunos procesadores de video cuentan con la capacidad de insertar una imagen predefinida si se pierde la señal que lo alimenta.

Esto garantiza que los canales no se “vayan a negros” debido a fallas en el suministro de alguna señal.

Moduladores. El modulador de televisión, como se utiliza en los sistemas de cable, es un transmisor en miniatura de una estación de televisión.

El modulador asigna a cada señal de televisión un canal específico en el que será transmitida.

Los moduladores para las redes de cable pueden utilizar una de dos señales, la señal principal o una señal alternativa.

La señal a transmitir es seleccionada a través de un interruptor controlado por la red de cable.

El interruptor tiene la opción de cambiar automáticamente la señal de salida, cuando la señal de entrada seleccionada se pierde.

Red Combinatoria. El siguiente proceso es la combinación de todas las señales moduladas en una sola señal de salida hacia la red troncal.

La red combinatoria suma todas las señales a ser incluidas en la red en una señal de banda ancha multicanalizada por división en frecuencia (fdm).

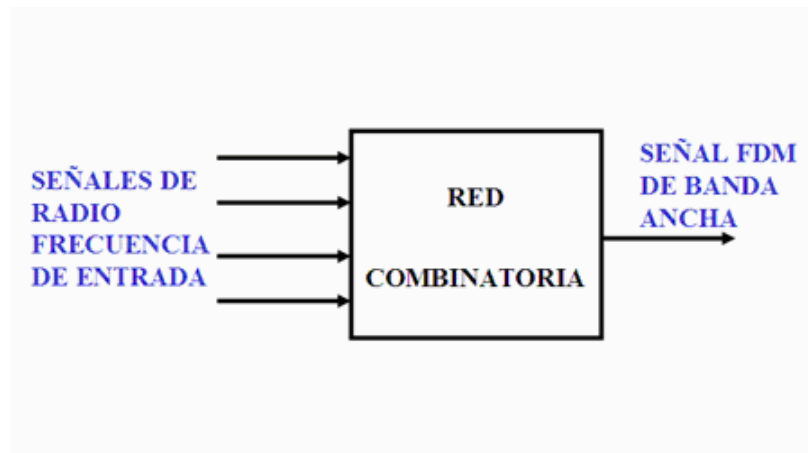


Figura. 1.8. Red Combinatoria

4 Planta Externa.

La planta externa constituida principalmente por la red troncal y la red de distribución, es la columna vertebral de un sistema de cable. Si la planta externa no está en óptimas condiciones, se tendrá como consecuencia un incremento en fallas que, a su vez, ocasionará un aumento de llamadas de servicio y, finalmente, una fuga de suscriptores.

En un principio, las redes de televisión por cable no exigían la calidad ni la confiabilidad que ahora demandan para servicios avanzados e interactivos. Es más, su nombre ha evolucionado a redes de telecomunicaciones por cable y ahora se puede proveer a través de ellas una gran variedad de servicios que inicialmente no se habían contemplado.

Por lo anterior, ya no es suficiente cumplir con las exigencias de las normas básicas gubernamentales. Es imperante cumplir no sólo con dichas normas, que fueron creadas para regir la calidad de la transmisión de canales de televisión analógica, sino también con otros parámetros que aseguren un excelente desempeño del sistema.

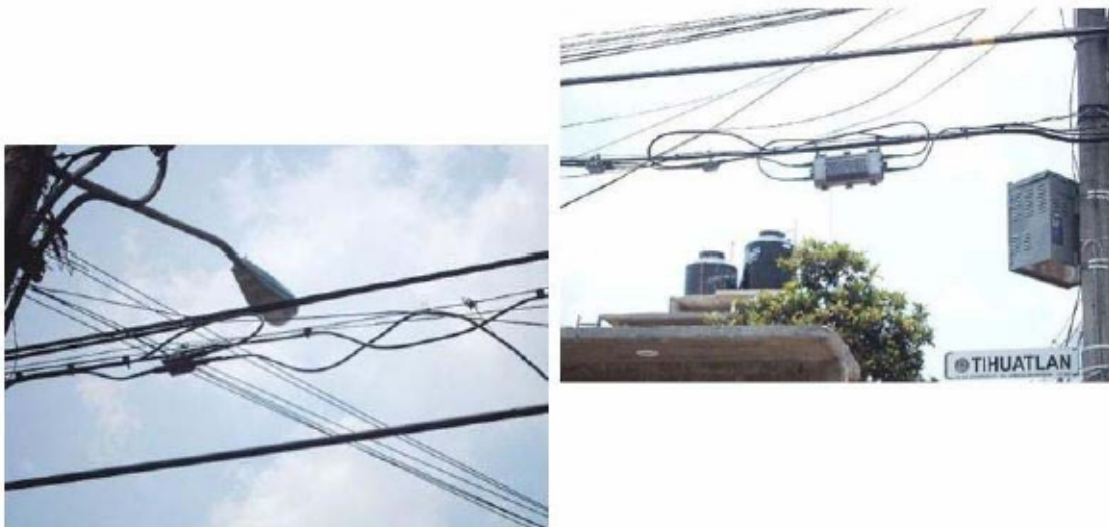


Figura. 1.9. Sectores de la Planta Externa

Antes de comenzar a construir la red se tiene que hacer un mapa de su distribución. Es necesario considerar los lugares por donde debe pasar la red, la longitud del cable requerido y la distancia entre los postes.

En el diseño de la red se debe tomar en cuenta que los postes son de uso público y que también transportan los cables de luz y de teléfono.

La red troncal se encarga de transportar las señales al vecindario, a partir de la cabecera. Su objetivo principal es cubrir grandes distancias manteniendo la calidad de la señal.

En la red troncal, por lo general se utiliza cable de 1" o de 3/4". Aproximadamente el 12% del cableado es ocupado por la red troncal.

El espaciamiento entre los amplificadores de la red troncal depende de la máxima frecuencia utilizada y de las características de atenuación del medio que se utilice (cable coaxial o fibra óptica).

Generalmente, los amplificadores se ubican cada 600 metros en una red de cable coaxial. El número de amplificadores troncales que se colocan en cascada en la red troncal por lo general oscila entre 20 y 30 en redes de gran capacidad y hasta 60 en redes de menor ancho de banda.

La red troncal no alimenta directamente a los suscriptores; esto lo hace la red de distribución.

La *fibra óptica* está sustituyendo al cable coaxial en esta sección de la red de cable, debido a que se puede eliminar gran parte del ruido del sistema así como la distorsión que aportan los amplificadores en cascada. El único

inconveniente es que la señal de la fibra óptica es luz y no una señal de RF; por tal motivo se requiere de *nodos de conversión*.

Después del conversor óptico, la señal es distribuida hacia las casas de los suscriptores por *cable coaxial*.

La *acometida* es conectada al tap de la red de distribución por medio de cable coaxial.

Los sistemas que tienen ambos métodos se conocen como *redes híbridas fibra/coaxial* (*HFC*, por sus siglas en inglés).

El propósito de la red de distribución es llevar la señal hasta las instalaciones del suscriptor. La red de distribución se conecta al cable troncal mediante un “amplificador puente” y pasa frente a las casas junto a los cables de luz y de teléfono.

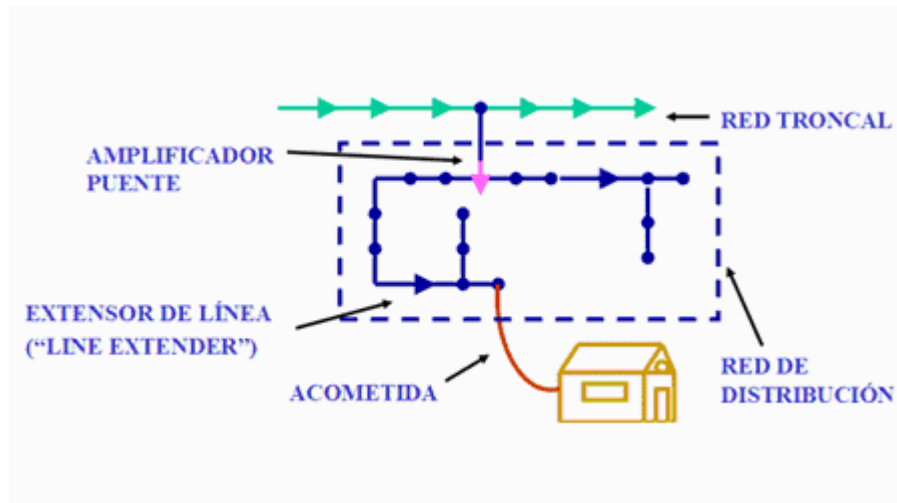


Figura. 1.10. Red de distribución

Del amplificador puente, la red de distribución entrega la señal a una serie de “*taps*” a los que se conectan las acometidas.

Si el nivel de la señal decrece, se coloca un *extensor de línea* (amplificador de distribución) para incrementar el nivel de la señal de forma que llegue adecuadamente al siguiente tap.

Por lo general, los extensores de línea están separados entre 100 y 300 metros.

Se utiliza un máximo de dos extensores de línea en cascada, lo que implica un cable en tres secciones de 5 ó 6 *taps* (65 ó 70 suscriptores).

La red de distribución comúnmente trabaja con cable coaxial de media pulgada.

5 Acometida.

La acometida se origina en los postes telefónicos o de luz, o en otras áreas específicas por donde pase la red de distribución. El cable coaxial que constituye la parte final de la red de cable es la acometida. Su finalidad es conectar los equipos del cliente a la red de cable mediante un *tap* (*derivador*) para dar servicios de video, datos y voz.

Se requiere de una conexión al sistema de tierra de la construcción y de un cable flexible entre la entrada y el receptor (televisión). Si existen *múltiples receptores* en las instalaciones del suscriptor, se utiliza un divisor de señales para que la señal llegue individualmente a cada aparato receptor.

Está comprobado que la mayoría de las fallas de un sistema de cable (más del 70%) se generan en la acometida. De ahí la importancia de transmitirle al instalador lo primordial que es su labor y la necesidad de respetar todas y cada una de las normas. Asimismo, se deben seguir todas las recomendaciones de seguridad para preservar la integridad del trabajador y de los equipos.



Figura 1. Acometida

Figura. 1.11. Acometida

6 Equipo Terminal.

El *equipo terminal* o “*caja decodificadora*” que provee el sistema de cable es un dispositivo que permite entregar un producto de alta calidad.

Las cajas decodificadoras se utilizan para descifrar la información codificada que provee la red de cable. Algunas cajas decodificadoras pueden direccionarse (cajas “addressables”) desde la cabecera de la red.

El uso de cajas direccionables permite la provisión de distintos paquetes al usuario y, eventualmente, la desconexión de suscriptores que no paguen por el servicio. Las cajas decodificadoras también ayudan a evitar la “piratería” de las señales de cable.



Figura. 1.12. Caja Decodificadora

7 Equipo de prueba.

La primera prueba de la red de cable se realiza cuando se pone en operación, una vez que la construcción ha concluido.

Los operadores de la red deben supervisar que el nuevo sistema cumpla con todas las normas técnicas y operativas antes de la aceptación de cualquier contrato.

Los títulos de concesión de las redes de cable obligan a los concesionarios a realizar y presentar *“pruebas de comportamiento”* una vez al año.

Los equipos de prueba incluyen “analizadores de espectros”, “vectoroscopios”, “monitores de forma de onda”, “wattmetros” y, en ocasiones, hasta sofisticados equipos “analizadores de protocolos”, cuando las redes transmiten datos.

El equipo de prueba se utiliza para monitorizar constantemente la operación de la red y para diagnosticar las fallas que pudieran existir.

En las redes de cable más sofisticadas que están habilitadas para transmisión bidireccional, se utilizan equipos computarizados que son capaces de evaluar parámetros como:

- Los niveles de señal a la salida de los amplificadores.
- La operación de las fuentes de poder que alimentan a la red.
- El aprovechamiento del ancho de banda disponible.
- Los niveles de señal a la entrada de las cajas decodificadoras.
- El congestionamiento de datos en los nodos que forman la red.

1 Infraestructura de la Empresa de tv por cable “Green Tv”

El sistema permite la recepción de señales de audio y video codificados y no codificados que provienen de diferentes satélites comerciales. Los satélites que se usan son Panamsat 3, Panamsat 9, Intelsat 805, Galaxy 8i, Hispasat 1C, Intelsat NSS806, Satmex 5; cuyas señales se reciben con antenas parabólicas ubicadas en nuestra estación terrena y señales locales que se reciben en forma abierta a través de las repetidoras de los canales nacionales de la ciudad de Esmeraldas.



Figura. 1.13. Red CATV de “Green Tv”

En la Figura.1.13. se muestra el diseño de red CATV que tiene la Empresa “Green Tv” en la zona urbana de la ciudad de Esmeraldas, donde se observa la Cabecera ubicada en las calles Santa Rosa y 9 de Octubre, barrio conocido popularmente como “Vista al Mar”, de ahí se distribuye la red troncal (color rojo) y las respectivas red de distribución (color azul) hasta finalizar con la acometida y el equipo terminal.

1 Estación Terrena.

La estación terrena o *Head-End*, se origina y adapta toda la información de video y audio que se transmitirá a través de la misma, por medio de una red de cable coaxial de alto blindaje. El tipo de estación terrena es de *clase 3* para recepción de señales de televisión y se encuentra ubicada en la calle Santa Rosa y 9 de Octubre Barrio “Vista al mar” en la ciudad de Esmeraldas.

Información geográfica:

Latitud 0°57'54"N

Longitud 79°39'29"O

Altura sobre el nivel del mar: 97 metros

Antenas Parabólicas. Son las encargadas de la recepción satelital cuya relación G/T (ganancia/temperatura) logra una relación señal ruido alta.

La ganancia de una antena parabólica es función del diámetro de la misma. Las antenas parabólicas son fijas para cada satélite y están utilizadas de la siguiente forma:

Tabla. 1.2. Antenas parabólicas con sus respectivos satélites

Antena 4.4 m	Panamsat 3	Banda C
Antena 4.4 m	Panamsat 9	Banda C
Antena 3.6 m	Satmex 5	Banda C
Antena 3.6	Intelsat	Banda C

m	NSS-806	
Antena 2.0 m	Intelsat 805	Banda C
Antena 1.2 m	Galaxy 8i	Banda ku
Antena 1.2 m	Hispasat 1C	Banda ku

Las antenas contienen físicamente un reflector parabólico en donde chocan las ondas electromagnéticas que son recogidas por un alimentador circular o llamado *feed horn* que se encarga de concentrar todas estas ondas las mismas que llegan a gran velocidad y se convierten en energía eléctrica de baja intensidad a alta frecuencia, es necesario utilizar *LNB(s)* “Low Noise Block Amplifair” que es un amplificador de bajo ruido y convierte la alta frecuencia a frecuencias de trabajo del receptor digital generalmente de 950 a 2150 MHz. Por lo general se utilizan dos LNB(s) que recogen las señales de las dos polaridades horizontal – vertical si la polarización es lineal o derecha - izquierda si la polarización es circular.

A la salida de los LNB(s), se colocan splitter de satélite que son divisores de señal y sirve para alimentar a los receptores y éste a su vez prevé de energía para los LNB(s) que trabajan con una corriente DC, voltaje por lo general de 18 V.

Antenas Locales. Se encargan de la recepción de las señales libres que se encuentran en nuestro medio y las mismas que de deben ser de buena ganancia y direccionales para la cancelación de fantasmas en las frecuencias adyacentes. En este caso se están usando antenas Yagi.

Tabla. 1.3. Antenas locales

CANAL	FRECUENCIA	ESTACIÓN
02	54-60 MHz	Telerama
04	60-66 MHz	TC
06	82-88 MHz	Telecosta
07	174-180 MHz	ECUAVISA
09	186-192 MHz	Teleamazonas
11	198-204MHz	RTS
13	210-216 MKz	Gamavisión
21	512-518 MHz	Canal 1
23	520-580 MHz	Telemar

2 Satélites.

Panamsat 3, Panamsat 9, Intelsat 805, Intelsat NSS806, Galaxy 8i, Hispasat 1C, Satmex 5, satélites cuyos lóbulos de radiación y flujo de potencia están para nuestro país y Sudamérica.

Panamsat 3 - Panamsat 9.- Sistema global de telecomunicaciones, utilización para señales de radio, televisión, datos, circuitos punto-punto, videoconferencias. Cobertura América y parte de Europa. Grupo Panamsat (203)622-6664 USA.

Intelsat 805 - Intelsat NSS806.- Uso de telefonía pública, datos, video, voz, cobertura América, parte de Europa y Africa. Grupo Intelsat (202)9446800 USA.

Galaxy 8i.- Utiliza el sistema DBS para la transmisión de señales de audio y video. Cobertura América.

Hispasat 1 C.- Satélite europeo de comunicaciones enlaza señales para Europa y América en transmisión simultánea, satélite de última generación.

Satmex 5.- Satélite mexicano de comunicaciones, audio, video y datos. Cobertura América.

3 Recepción Satelital.

Se utilizan *receptores IRD* para la sintonía fina de portadoras de video y audio, estos equipos son receptores satélite integrados receptor – decodificador cuyas señales vienen en comprensión por lo que es necesario que estos equipos puedan descomprimir estas señales y decodificarlas.

Los receptores decodificadores se encargan de remodular las señales recibidas que generalmente están moduladas en *QPSK* y dependiendo de la velocidad de transmisión ocupan un ancho de banda de 4 a 8 MHz, una vez remodulada la decodifican usando técnicas MPEG I; MPEG II, DIGICIPHER, dependiendo de la técnica y la forma que se usó para comprimir el video.

Demodulador. Sirve para la banda de los canales nacionales que se reciben desde la repetidora y se extraen de sus respectivos portadores el video y el audio; esto se utiliza para los canales nacionales.

Moduladores. Son los encargados de poner la portadora en una banda base de video y audio, hay dos parámetros importantes en la estación terrena que están relacionados con el proceso de modulación de la misma.

Modulación de video.- se refiere a la *modulación AM*, también se llama profundidad de modulación y es la relación entre el pico máximo de la portadora en el pulso de sincronismo y la caída de la misma portadora en el nivel más bajo o pico de blanco. Para el sistema NTSC la profundidad de modulación debe ser

87,5 %. El ajuste de este parámetro influye en el brillo del video una vez modulado.

Modulación de audio.- se refiere a la *modulación FM*, se mide en desviación de la frecuencia central de la portadora de manera proporcional a la variación de la amplitud de la señal de audio. Cuanto mayor sea la desviación, mayor será la amplitud del audio. La desviación del audio no debe ser mayor a 25 KHz, por encima de este valor el volumen es excesivo y hay distorsión.

Relación video – audio.- para minimizar la interferencia entre canales adyacentes y para aumentar el rendimiento de los amplificadores de la red, el nivel de la portadora del audio (Aural), debe estar 15 dB por debajo del nivel de la portadora de video.

Combinadores. Es el encargado de mezclar todas las señales provenientes de los modulares para que puedan ser transmitidos por un solo cable. Generalmente es un acoplador pasivo que conserva las características de impedancia de 75 ohmios de canal a la entrada y entrega combinado todos los canales con igual impedancia a la salida. Se producen pérdidas de señal por inserción. Las señales están listas para ser transmitidas a través de la red de cable coaxial.

4 Características y configuración de la red de cable coaxial.

Como ya se mencionó anteriormente, la red a instalarse debe contener las siguientes partes:

Red troncal.- se encarga de llevar toda la información y programación de canales desde la salida del mezclador general, sobre distancias considerables

con mínima degradación, se utilizan amplificadores troncales, red coaxial con cable RG-500. Típicamente los niveles de salida de un amplificador troncal están entre los 35 – 40 dBmV y la ganancia entre 22 y 27 dBmV, además este amplificador prevé hasta 4 salidas de alimentación de distribución o salidas bridger.

Los *amplificadores troncales* constan básicamente de un módulo de amplificación troncal y de un módulo de amplificación de la distribución en donde se puede tener hasta cuatro salidas de distribución secundaria.

Red de distribución.- se alimenta de la salida bridger de un amplificador troncal, es la encargada de llevar la señal a los abonados, usando arreglos de acopladores direccionales, fuentes de poder, splitters, taps, carga taps, amplificadores de línea y cable coaxial RG-500.

Fuentes de poder.- se encarga de proveer la energía eléctrica para los elementos activos de la red. Se está utilizando fuentes de 110 V – 60 Hz a 60 V – 15 Amperios.

Insertor de Fuente.- se encarga de acoplar la energía eléctrica de baja potencia con la señal de línea de alta frecuencia.

Amplificador de línea o Line Extender.- se encarga de recuperar las características del nivel de la señal en la propia red de distribución, normalmente se encuentran amplificadores híbridos de 25 a 30 dBmV y por lo general tienen una sola salida en la distribución.

Acopladores Direccionales.- son dispositivos pasivos que extraen una parte de la señal de RF de un cable coaxial. Según el valor acoplado, se puede obtener un nivel preestablecido en cualquier parte de la red, es decir tenemos una

entrada normal y una salida con pérdidas por inserción y una segunda salida con pérdidas tap con valor de atenuación.

Splitters.- son elementos pasivos esto quiere decir que están conformados por resistencias, condensadores e inductancias, sin usar elementos activos. Divide la señal RF de entrada en dos o tres salidas con pérdidas propias por inserción.

Taps.- estos elementos extraen la señal del cable de distribución para llevarle finalmente al usuario o suscriptor. Un tap es la combinación de un acoplador direccional y un splitter, diseñados con el fin de lograr la menor pérdida de inserción y ofrecer el número de salidas y la atenuación requerida por el diseñador.

Ver Anexo 1

La *carta de la red CATV* se la muestra en el Anexo 1 donde se puede observar el mapa de la ciudad de Esmeraldas con la red de cable coaxial que utiliza la empresa Green Tv con sus respectivos elementos, para la simbología utilizada se basó en el documento *Simbología de CATV* (ver Anexo 2) que contiene simbología para redes de cable.

5 Descripción del servicio que ofrece a los usuarios del sistema.

GREEN TV Esmeraldas, ofrece a sus clientes un solo paquete de 60 canales (incluido los nacionales), programación que constará de los siguientes canales.

Tabla. 1.4. Programación de canales

CANAL	NOMBRE	PAIS
02	TELERAMA	ECUADOR
03	NICKELODEON	EE.UU.
04	TC	ECUADOR
05	JETIX	EE.UU.
06	TELECOSTA	ECUADOR
07	ECUAVISA	ECUADOR
08	ZAZ	MÉXICO
09	TELEAMAZONAS	ECUADOR
10	DISCOVERY CHANNEL	EE.UU.
11	TELESISTEMA	ECUADOR
12	TRAVEL & ADVENTURE	EE.UU.
13	GAMAVISIÓN	ECUADOR
14	CINECANAL	EE.UU.
15	CINE LATINO	MÉXICO
16	THE FILM ZONE	EE.UU.
17	FOX SPORTS	EE.UU.
18	ESPN	EE.UU.
19	ESPN 2	EE.UU.
20	GOL TV	EE.UU.
21	CANAL UNO	ECUADOR
22	EWTN	EE.UU.
23	TELEMAR	ECUADOR
24	AXN	EE.UU.
25	FOX	EE.UU.
26	NATIONAL GEOGRAPHIC	EE.UU.
27	CINE MAX	EE.UU.
28	HBO	EE.UU.
29	MGM	EE.UU.
30	MULTIPREMIER	EE.UU.

31	MOVIE WORLD 2	EE.UU.
32	MOVIE WORLD	EE.UU.
33	WARNER BROSS	EE.UU.
34	SONY	EE.UU.
35	KMUSIC	MÉXICO
36	MTV	EE.UU.
37	GUATEVISIÓN	GUATEMAL A
38	CUBA TV	CUBA
39	TELEMUNDO	EE.UU.
40	DISCOVERY HEALTH	EE.UU.
41	ARIRANG TV	KOREA
42	DISCOVERY KIDS	EE.UU.
43	CITY TV	COLOMBIA
44	BETH	PERU
45	UTILISIMA	MÉXICO
46	RTP	PORTUGAL
47	DISNEY CHANNEL	EE.UU.
48	TELE PACÍFICO	COLOMBIA
49	CANAL VASCO	ESPAÑA
50	UNIVERSAL	EE.UU.
51	RTU	ECUADOR
52	ANTENA 3	ESPAÑA
53	P&A	EE.UU.
54	A&E	EE.UU.
55	E!	EE.UU.
56	MOMENTUM	EE.UU.
57	PANAMERICANA	VENEZUELA
58	CCTV	EE.UU.
59	CINEMA +	EE.UU.
60	ECTV	EE.UU.

6 Lista de los equipos que conforman el sistema.

Tabla. 1.5. Equipos que conforman "GREEN TV"

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
52	MODULADORES
8	DEMODULADORES
5	RECEPTORES PANSAT 300
8	RECEPTORES DECODIFICADORES DSR 4400
22	RECEPTORES DECODIFICADORES SCIENTIFIC ATLANTA
1	RECEPTOR DECODIFICADOR DSR 1500
4	RECEPTORES DECODIFICADORES NEXT LEVEL
1	RECEPTOR DECODIFICADOR SR-3320
1	RECEPTOR DECODIFICADOR TAMBERG
1	GENERADOR DE CARACTERES
28	AMPLIFICADORES TRONCALES
130	LINE EXTENDER
10	FUENTES DE PODER 110-60 V,15 A
3000	TAPS DE 4 VIAS
600	SPLITTERS DE 2 VIAS
200	SPLITTERS DE 3 VIAS
300.000	PIES DE CABLE RG-500 AUTOSOPORTADO
2	ANTENAS 4,4 m
2	ANTENAS 3, m
1	ANTENA 2 m
8	ANTENAS YAGI

10	POWER INSERTER
6.000	CONECTORES F-500
10.000	UNIONES DE ELEMENTOS
600	CARGA TAPS
150	VARILLAS COPERWELL
500	BOBINAS DE CABLE RG-6
10.000	CONECTORES RG-6
1.000	SPLITTERS DE 2W DE RESISTENCIA
500	SPLITTERS DE 3W DE RESISTENCIA
200	SPLITTERS DE 4W DE RESISTENCIA
100	SPLITTERS DE 8W DE RESISTENCIA
1.000	UNIONES F-59
2	AIRES ACONDICIONADOS
8	RACKS METÁLICOS
300	CONECTORES RCA
100	CONECTORES BNC
200	CARGAS TERMINAL 75 OHMIOS
200	ATENUADORES DE SEÑAL

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

1 INTRODUCCIÓN A LOS SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET DE BANDA ANCHA

1 ¿Qué es banda ancha?

“Banda Ancha” es un conjunto de tecnologías que permiten ofrecer a los usuarios altas velocidades de comunicación y conexiones permanentes, permite que los Proveedores de Servicio ofrezcan una variedad de servicios de valor agregado. Se ofrece a través de una serie de tecnologías y el equipamiento adecuado para llegar al usuario final con servicios de *voz*, *video* y *datos*.

Se consideran accesos a Internet de banda ancha aquéllos cuyas conexiones permiten velocidades superiores a los 128 Kbit/s. En el mercado existen ofertas con diferentes velocidades de conexión, basadas principalmente en *ADSL* y *cable-módem*.

El ADSL se basa en la utilización de los mismos bucles de abonado de la red telefónica, permitiendo sobre los mismos la transmisión de datos sobre a alta velocidad de manera compatible e independiente del servicio telefónico.

Por su parte, el cable-módem se emplea en las redes desplegadas por los operadores de cable, sobre un medio de transmisión que ya no es el par de cobre sino el cable coaxial.

Existen asimismo otras alternativas tecnológicas que permiten la provisión de accesos de banda ancha, aunque su presencia es minoritaria en el mercado. Se trata de los accesos de fibra óptica, vía satélite, *WIFI/WIMAX*, *PLC (Power Line Communications)*, y *UMTS*.

La utilización de banda ancha en el hogar proporciona a éste una gama de servicios de posibilidades inimaginables. Los servicios de banda ancha representan el futuro de la telefonía, del internet, del entretenimiento, y de la disponibilidad de información.

El costo del ancho de banda está disminuyendo mientras que su demanda aumenta más rápido que la *ley de Moore*. Entre las compañías capaces de cubrir los crecientes requerimientos de ancho de banda se encuentran las compañías telefónicas, las de servicio de televisión satelital y, por supuesto, las redes de televisión por cable.

Las tendencias para las próximas décadas en servicios de telecomunicaciones apuntan hacia los servicios inalámbricos y a los servicios de banda ancha. Servicios como *video por demanda*, *video conferencia*, *video teléfono*, *video sobre IP*, *audio de alta fidelidad*, *telemedicina* e *internet de alta velocidad* son algunos de los servicios de banda ancha que se están implantando en las redes de cable más modernas. Adicionalmente, las redes de banda ancha pueden manejar servicios tradicionales de banda angosta como *teléfono* o *fax*.

2 ¿Qué operadores ofrecen servicios de banda ancha?

Los servicios de banda ancha sobre ADSL se proveen normalmente sobre las *líneas de abonado* (pares de cobre) de Telefónica. El servicio ADSL puede ser provisto bien por la propia Telefónica, bien por otros operadores que contratan a Telefónica un servicio mayorista que les permite hacer uso de los bucles de abonado.

El servicio de banda ancha a través de cable-módem es provisto por los denominados operadores de cable, estando únicamente disponible en aquellas zonas en las que estos operadores hayan desplegado su propia red de acceso (normalmente sólo en zonas urbanas).

Los servicios que se ofrecen a través de pares de cobre (tecnologías xDSL) y a través de cable-módem pueden considerarse equivalentes. En ambos casos los operadores tratan de satisfacer las demandas de los clientes, comercializándose tanto productos individuales (telefonía fija, acceso a Internet, televisión) como empaquetados (*doble play, triple play*). La aparición de ofertas que combinan estos servicios con la telefonía móvil es lo que se denomina *cuádruple-play*.

No se puede disponer de ADSL en todas las líneas telefónicas. El servicio de acceso a Internet a través de ADSL solo se podrá prestar a aquéllos abonados dependientes de centrales en donde algún operador haya instalado los oportunos equipos, denominados *DSLAM*. Dado que cada operador planifica su propio despliegue de equipos DSLAM, podrá haber líneas sin oferta ADSL disponible, con ofertas de un solo operador, o con ofertas de varios operadores presentes en el mercado.

Asimismo, aún en áreas con servicios ADSL disponibles, cabe la posibilidad de que determinadas líneas no permitan la provisión de estos servicios debido a sus características físicas (por ejemplo, longitud excesiva del par de cobre que impide la provisión del servicio en condiciones óptimas).

Habitualmente, los operadores ofrecen a los clientes la posibilidad de consultar a través de sus páginas Web la disponibilidad de ofertas de banda ancha ADSL en una línea telefónica dada.

No todos los usuarios tienen a su disposición servicios de cable-módem. Sólo habrá disponibilidad de ofertas de acceso a Internet de banda ancha mediante cable-módem en aquellas zonas en donde algún operador de cable haya extendido su propia red de acceso, ofreciendo cobertura para la provisión de dichos servicios.

3 Señales Digitales

Muchos de los nuevos servicios que pueden prestarse a través de las redes de cable utilizan señales digitales en lugar de señales analógicas, como la de la televisión convencional.

Una señal analógica puede tomar cualquier valor, dentro de un rango determinado, en cualquier instante de tiempo.

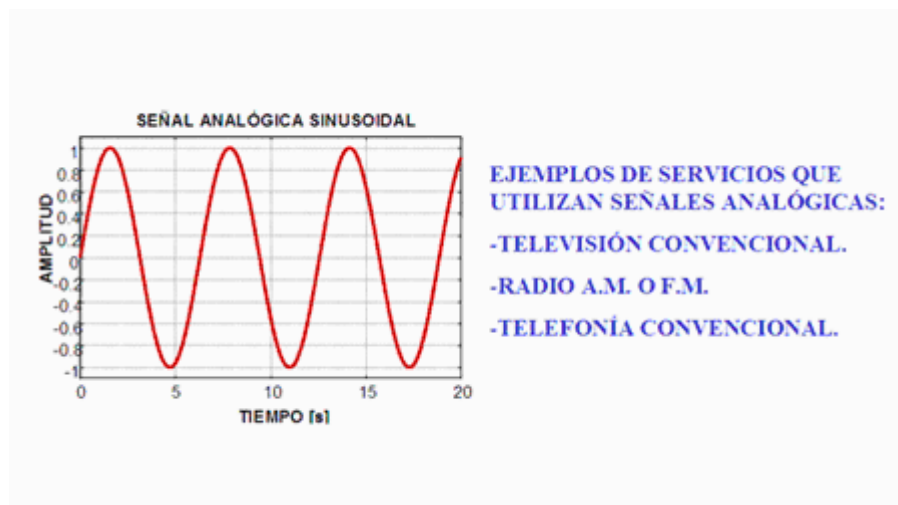


Figura. 2.1. Señales analógicas

Las señales digitales, en cambio, sólo pueden tomar un número finito de valores y pueden hacerlo sólo en ciertos instantes de tiempo.

La enorme capacidad de procesamiento de las computadoras digitales y la conveniencia de utilizar un número finito de valores para representar señales ha hecho que las comunicaciones digitales cobren gran relevancia.

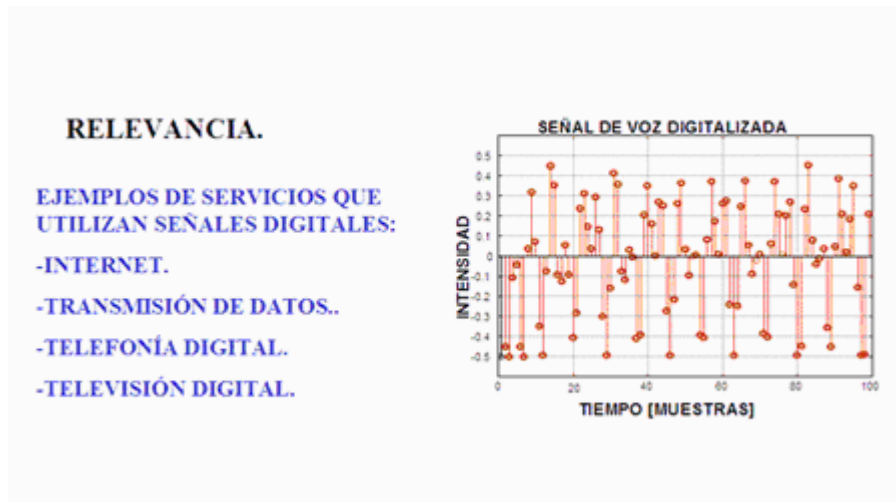


Figura. 2.2. Señales digitales

Las señales digitales utilizan un *código binario* ('ceros' y 'unos') para representar a la información que se va a transmitir.

La técnica *PCM* (modulación por codificación de pulsos, por sus siglas en inglés) es un método de conversión de señales analógicas a digitales que se utiliza comúnmente para representar señales de video y de audio.

Varias señales digitales que tengan un origen distinto (video, audio y datos por ejemplo) pueden combinarse dentro de un mismo canal de comunicación. La tendencia va hacia la *digitalización* de todos los servicios de comunicaciones incluyendo a la televisión.

Las señales digitales pueden transmitirse a través de las redes de cable si se utilizan técnicas de modulación digital. Las técnicas de modulación digital comúnmente utilizadas en las redes de cable son *QPSK* (señalización por corrimiento de fase) y *QAM* (modulación en amplitud en cuadratura).

Para poder recuperar las señales analógicas que utilizan los equipos terminales como los televisores, es necesario contar con equipos *decodificadores* que conviertan las señales digitales de regreso a sus representaciones analógicas originales.

Los sistemas de cable que proveen servicios digitales requieren utilizar “*cajas decodificadoras*” en las casas de los suscriptores.

2 REDES DE ACCESO DE BANDA ANCHA

Las redes de acceso, son en la actualidad el soporte que los usuarios poseen para poder acceder a los servicios demandados. La implementación de estas depende en gran medida de las posibilidades de acceso al propio usuario, su capacidad económica y el tipo de cliente que sea, más que de la propia tecnología en sí. Como veremos tecnológicamente las redes de acceso cada día están más dotadas para ser soporte del acceso final a los contenidos de banda ancha.

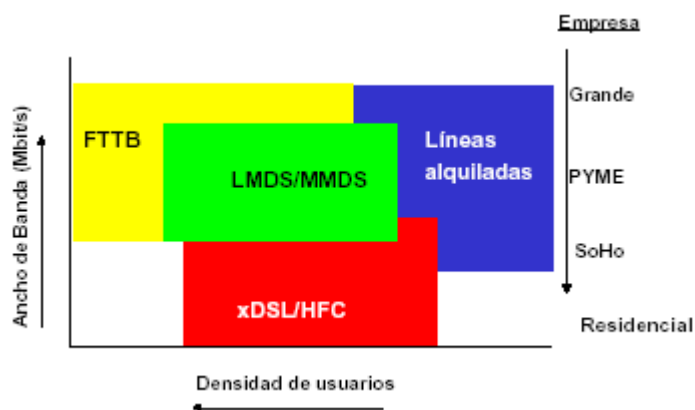


Figura. 2.3. Redes de acceso

Son varios los estudios que reconocen que la implantación de la banda ancha, puede traer cuantiosos beneficios para el progreso y el crecimiento económico de una región o de un país. Sin embargo, en el mejor de los casos, con un acuerdo nacional y con objetivos unificados definidos, el despliegue de la Banda Ancha requeriría varios años hasta convertirse en realidad. Esto hace muy difícil la implantación universal. Pese a ello es fundamental que desde la administración y la empresa privada se fomente la banda ancha como medio de progreso. Sin embargo en la actualidad, las políticas de regulación y fomento desarrolladas en EE.UU., Europa y España, están generando muchas dudas como consecuencia de la aparición de monopolios, imperios y actuaciones desleales dentro del mercado, que imposibilitan la implantación completa de la banda ancha.

Las tecnologías de redes de acceso que son consideradas de Banda Ancha, tienen dos características fundamentales, las que poseen una elevada implantación y éxito comercial, frente a aquellas que se encuentran en un estado de desarrollo insuficiente, pero que sin embargo pueden ser la base de las futuras redes de acceso. Las tecnologías de acceso las podemos clasificar en función de su soporte físico de transmisión, teniendo:

1. Tecnologías sobre Cable:

- Bucle digital de abonado (xDSL)
- Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
- Redes de Acceso por Fibra óptica (FTTx, PON, EFM, otros).

2. Tecnologías Inalámbricas:

- Bucle fijo inalámbrico (LMDS, MMDS)
- Redes de acceso por satélite
- Redes de área local inalámbricas (WLAN, Wi-Fi, WiMAX).
- Comunicaciones móviles de segunda y tercera generación (CDMA, GSM, UMTS, 3G).

De ellas podemos diferenciar entre las tecnologías que reutilizan las infraestructuras existentes, como xDSL y en menor medida satélite, frente a las tecnologías que deben realizar un equipamiento nuevo de red para la provisión del servicio como HFC y LMDS y en menor medida WLAN. Las causas del éxito de una tecnología son diferentes en función del lugar donde se desarrolla cada tecnología, de los operadores, de las infraestructuras, del apoyo institucional, de la demanda de los usuarios, etc.

En la siguiente tabla podemos comparar algunos parámetros básicos de las tecnologías de acceso ya nombradas:

Tabla. 2.1. Comparación cualitativa entre las redes de acceso

Red	Normalización	Medio Físico	Topología	Terminales	Alcance
Satélite	DVB, ETSI	Radio, 11-14 GHz (Ku), 20-30 GHz (Ka)	Multipunto	Fijos, móviles (a pocos Kbps)	Visión directa. Cobertura Global
LMDS	IEEE 802.16	Radio, 3,5 GHz, 26 GHz y 40 GHz	Multipunto	Fijos	Visión directa. Entre 3-10 km.

HFC	DOCSIS, DVB	Fibra óptica y cable coaxial	Multipunto	Fijos	40 km.
xDSL	ITU-T, ETSI	Par trenzado telefónico de cobre	Punto a punto	Fijos	0.3-6 km.
WLAN	IEEE 802.11, ETSI	Radio, 2,45 GHz(11b,11g) 5GHz(11a, HiperLAN2)	Multipunto ó punto a punto	Móviles, o fijos si son punto a punto	Visión casi directa. Entre 80-1000 m (depende del estándar)

3 RED DE CABLE

El propósito de las redes de cable es distribuir la señal desde las cabeceras a los hogares de los abonados.

La configuración de las redes de los operadores de cable se denomina HFC (Hybrid Fiber Cable) y son redes híbridas de Fibra Óptica (FO) y Cable Coaxial. Esta configuración representa actualmente la solución óptima “calidad de imagen-precio del equipo”.

Las Ventajas de utilizar FO en la Red de Cable son las siguientes:

- Mejora de la *calidad de la señal*, ya que la FO es inmune a las radiaciones electromagnéticas.
- Aumento de *Fiabilidad*, al necesitar la FO menos elementos activos en la red que el cable coaxial.
- Incremento de la *capacidad de transmisión*, mayor ancho de banda.
- El *Diseño Modular*, propio de las redes HFC, mejora la *bidireccionalidad* (transmisión de información en los dos sentidos) y facilita las futuras ampliaciones.

Debido a las ventajas que tiene la FO frente al cable coaxial, no se sabe con certeza hasta qué punto lo va a sustituir. Sin embargo, lo que sí está comprobado

es que una arquitectura de red con más FO se convierte en una red más confiable.

Para la operación, instalación, mantenimiento y reparación de una red de telecomunicaciones con FO, se requiere conocer técnicas especializadas. Es muy importante que el personal del sistema de cable esté capacitado y que cuente con la herramienta apropiada para trabajar con los equipos ópticos.

Así como la FO entró a las redes de cable, es necesario que la Industria se prepare y esté dispuesta a adoptar nuevas tecnologías que permitan mantener a las redes de cable en óptimas condiciones para seguir compitiendo con otras redes de telecomunicaciones.



Figura. 2.4. Cables de FO

Existen diferentes arquitecturas de red en función de lo cerca que se sitúe la FO del usuario final:

FTTF (Fiber To The Feeder).- Se caracteriza por utilizar FO hasta los nodos secundarios localizados en las demarcaciones, dando servicio a zonas de 2.000-3.000 hogares.

FTTC (Fiber To The Curb).- Da un paso más y utiliza FO hasta los nodos terminales, dando servicio a zonas de 500 hogares. Es la solución más utilizada por las operadoras en España.

FTTB (Fiber To The Building).- Se caracteriza por utilizar FO hasta áreas de servicio mas reducidas, dando servicio a zonas de 20-50 hogares. Será la solución necesaria en un futuro cuando los servicios del cable se generalicen y crezcan las necesidades de ancho de banda.

FTTH (Fiber To The Home).- Es la solución mas cara, pero que provee de mayor ancho de banda a los usuarios. Toda la Red de cable hasta la casa del abonado es de FO. En este momento solo se utiliza esta solución para empresas con grandes necesidades de ancho de banda.

La topología de las redes de cable varía según la naturaleza de los servicios que la red ofrece. Así podemos encontrar topología en estrella típicamente en el bucle de abonado de telefonía, donde cada uno de los abonados está conectado directamente con par de cobre, sin bifurcaciones, con la central de conmutación. Esta topología es ideal para redes jerárquicas donde todos los abonados están al mismo nivel, además de permitir comunicaciones bidireccionales abonado-red y red-abonado. Su principal punto débil es el coste de la red.

La alternativa sería la red de cable típica de TV comunitaria que conecta a los abonados con la cabecera con una red con topología de árbol. Esta se caracteriza por que los abonados se van conectando a cada rama de la red, y esta a su vez se va bifurcando en diferentes ramales. Esta topología es mucho mas económica e ideal para servicios de distribución de señal en una sola dirección (red-abonado), aunque presenta el inconveniente de que la calidad de la señal es diferente para cada una de las tomas de abonado (influye la distancia a la cabecera, número de abonados tomando señal, pasos de amplificación de señal que introducen ruido,...). Su punto débil es su comportamiento ante fallos

en la red. Un fallo puede dejar muchos abonados fuera de servicio, y la localización de los fallos en la red es más compleja.

4 REDES HFC Y CABLE-MÓDEM

1 Introducción a la tecnología HFC

Las redes HFC, son redes de acceso cableadas terrestres, basados en sistemas híbridos que combinan *fibra óptica* y *cable coaxial*. Se originan en la redes de Televisión por cable.

La razón por la cual se combina la fibra y el coaxial es para aprovechar las cualidades que ambos presentan. Por un lado las bajas pérdidas e interferencias de la fibra y por otro el bajo coste y la sencillez de instalación y conexión del cable coaxial.

Las características de un cable coaxial son principalmente dos:

- no interfiere con señales externas y,
- puede transportar de forma eficiente señales en un gran ancho de banda con menor atenuación que un cable normal.

Pero tiene una limitación fundamental:

- atenúa las 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 coste de la red.

Por lo tanto la necesidad de ofrecer mayores y mejores servicios (mayor ancho de banda), vuelven muy limitadas a las redes basadas solo en cable coaxial (Unidireccional). *HFC* permite ofrecer casi todo tipo servicio por un único acceso y de forma integrada. Se reemplaza parte de la red coaxial con FO consiguiendo *mayor capacidad* (servicios) y *mayor alcance* (distancia) y bidireccionalidad.

Se emplea FO en la red troncal, desde la cabecera de generación de señales hasta los nodos ópticos. Los *nodos ópticos* son receptores que hacen la conversión *óptico/eléctrica* de la señal en las áreas de servicio. A partir de los nodos se extiende la red de distribución tradicional de cable coaxial.

Una red HFC es un sistema totalmente transparente al tipo de modulación en toda la banda de frecuencias y en las dos direcciones (ascendente-descendente), que permite transmitir/distribuir cualquier tipo de señal y optimizar la interoperabilidad y la interconectabilidad.

2 Antecedentes históricos

El origen de las actuales redes HFC se remonta a los años 60 en los EEUU, cuando se desarrollaron las redes *CATV* (*Community Antenna TeleVision* o también denominadas Cable Televisión). Estas redes, se empleaban para la transmisión de señales de TV analógica, usando como soporte de transmisión el cable coaxial, permitiendo poder tener varios canales de televisión de manera simultánea y a mejor calidad que la transmisión terrestre de TV, debido al ancho de banda del coaxial.

Las redes *CATV* clásicas, poseen una topología de árbol, en donde a partir de un nodo de cabecera, se recopilan todos los canales (el origen de estos puede ser vía satélite, *TAT* (*Televisión Analógica Terrestre*) y *TDT* (*Televisión Digital Terrestre*), transmisiones terrenales de microondas, redes de distribución de FO) a transmitir a través de la red. Desde la cabecera surge el troncal de la red encargado del transporte de los contenidos hacia la red de distribución de cada

zona. La red de distribución se encarga del transporte de los contenidos desde la cabecera hasta los puntos de distribución o acometida donde se conectan los abonados de la red.

Las redes CATV fueron pensadas para el transporte y distribución de señales analógicas de TV, pero en la actualidad estas redes han evolucionado hacia sistemas integrados que permiten soportar señales de voz, datos e imagen, bajo grandes requerimientos de ancho de banda y calidad. Esto se ha conseguido gracias a la introducción de la FO en el troncal de la red de cable, permitiendo gracias a su alta capacidad de transmisión, la posibilidad de servicios interactivos, servicios que precisan de una red donde la comunicación sea bidireccional y no solo en el sentido del usuario final.

Así las redes han dejado de ser redes difusión y pasando a ser sistemas globales. Esta evolución de la tecnología ha permitido que el ámbito de las redes CATV se extienda a áreas metropolitanas cada vez más extensas e interconectadas.

Así, las redes HFC han evolucionado desde estas redes de distribución de TV, a redes de banda ancha de larga distancia y alta capacidad, gracias a la incorporación de la FO, ésta ha permitido mayor capacidad de transmisión, distancias de acceso y servicios asociados.

3 Características generales de las redes HFC

En el siguiente cuadro se muestran las características generales de una red HFC.

Tabla. 2.2. Características generales

Banda de distribución de frecuencias:	86 – 862 Mhz
Banda de radiodifusión sonora en FM:	87,5 – 108 Mhz.
Banda reservada a TV digital:	606 – 862 Mhz.
Banda de retorno:	5 – 55/65 Mhz.
Impedancia característica:	75 Ω .
Unidades utilizadas:	dB μ V [1 dB μ V = 20 log V (μ V) dBmV [1 dBmV = 20 log V (mV)].
Cable coaxial:	Según norma CENELEC EN50 117-1
Fibra óptica:	Tipo monomodo según recomendaciones UIT-T.

El diseño de la red (cálculo de balances de potencia, distancias a las que hay que intercalar elementos activos, tendido de cables y canalizaciones, etc.) y los elementos pasivos utilizados (incluidos los medios conductores) deberán hacer posible el funcionamiento de la red, como mínimo, en toda la banda especificada.

Los componentes activos, amplificadores y regeneradores, utilizados en la red de acceso deberán cubrir, como mínimo, la banda de amplificación 86 – 860 Mhz.

Las redes CATV actuales con topología de red de anillo redundante entre cabeceras y multi-estrella o anillos finales redundantes en la distribución, están basadas en el uso mixto de la FO y el cable coaxial.

La utilización de FO en las redes de CATV permite alcanzar mayores distancias, sin el uso de largas cascadas de amplificadores que introducen ruido y distorsión, debido a que la atenuación es menor que el cable coaxial.

Las menores dimensiones en diámetro de la FO permiten disponer de más fibras que tubos coaxiales en un mismo cable con lo que es posible atender a un mayor número de abonados en un área.

4 Arquitectura de la Red HFC

Tras el éxito de las redes CATV, gracias a la introducción de la fibra en el troncal de red, se ha conseguido configurar redes con mayor capacidad, y mayor longitud. En la parte final de la red se mantiene la red de coaxial por ser mucho más económica que una red completa de fibra. Además permite obtener una red global con grandes capacidades de escalado en función de las necesidades que sean demandadas. Estas son las denominadas redes HFC. Estas redes, presentan un esquema de red mejorado como consecuencia de la existencia de FO. Mediante la introducción de esta, se produce una reducción del número de amplificadores en cascada necesarios en la red, reduciéndose el ruido y distorsión en las señales transportadas. La fibra aumenta el ancho de banda de la red, lo cual la dota de una *mayor flexibilidad y capacidad de servicio*.

Las redes HFC están configuradas en forma de *anillos multipunto*, con diferentes *jerarquías organizativas*, estando formado por un anillo primario de transporte, del que se despliegan anillos secundarios de fibra, y de los que salen las acometidas de la red de coaxial. En muchas ocasiones esta configuración o topología en anillo es más lógica que física, no cerrándose de manera real sino configurándose en enlaces bidireccionales que simulan los anillos.

La Figura.2.5 muestra una topología de una arquitectura de red HFC.

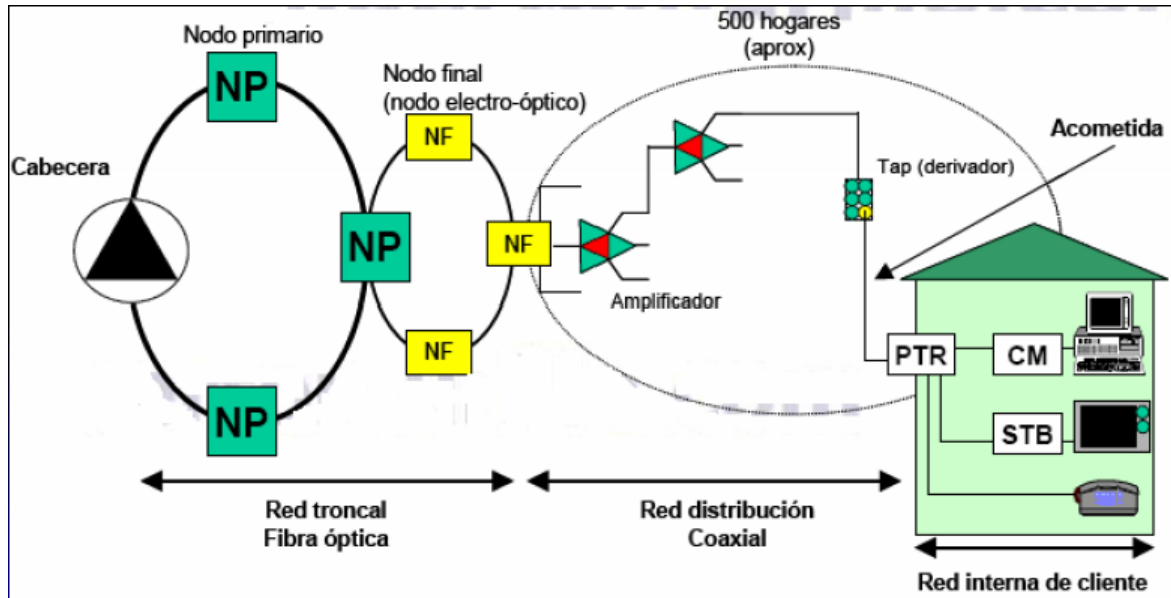


Figura. 2.5. Arquitectura de Red HFC

Las *señales de video* analógicas o digitales de diversas fuentes como los transpondedores de los satélites, la televisión abierta, y los servidores de video son multicanalizadas y transmitidas a través de FO desde la cabecera de la red de cable hacia los *concentradores o nodos primarios (NP)*.

Del concentrador primario la señal pasa a *concentradores secundarios o nodos finales (NF)*, los cuales son utilizados para la distribución y multicanalización de las señales analógicas y digitales de video.

En el nodo final la señal óptica se convierte en señal eléctrica y se transmite al suscriptor a través del cable coaxial, utilizando diferentes tipos de *amplificadores de RF* y *taps*. En las redes *HFC* la red troncal une a cada nodo de la red con la cabecera con fibra óptica.

En la Acometida que comprende el tramo entre el Multitap y el *Punto de Terminación de Red (PTR)*. Del PTR se distribuyen las señales hacia el *Cable Modem (CM)*, Decodificador de TV o *Set Top Box (STB)*, y otros equipos de usuario.

A continuación se muestra una red *HFC* con su respectiva red de distribución.

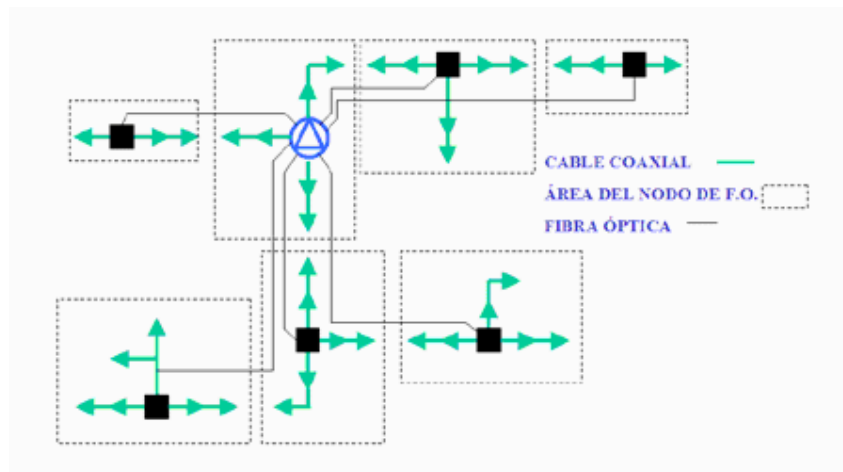


Figura. 2.6. Red HFC con su respectiva distribución

5 Estructura de la red HFC

Las redes de acceso basadas en HFC, poseen una configuración multipunto. Este tipo de redes poseen una configuración altamente jerárquica, basada en anillos de FO y redes activas de coaxial.

Una red HFC se compone básicamente de 4 elementos:

- Cabecera,
- Red troncal,
- Red de distribución o dispersión y
- Red de acometida de abonado (esta última incluye la red interior de cliente).

1 Cabecera (Head-End).

Es donde se recopila todos los canales de televisión a difundir por la red. Además en este nodo de cabecera se establece en todas las interconexiones, con otras redes de transporte fijas o móviles, así como los servidores de acceso a los diferentes servicios, y el servicio telefónico. La cabecera suele formar parte de una red de transporte interurbano (*SDH*, generalmente), que consiste en una red óptica que interconecta las cabeceras de servicios de varias poblaciones, como soporte de transporte de los servicios prestados. Dentro de la cabecera se distinguen dos partes diferenciadas:

1) Cabecera de servicios, que es el origen de las señales que se transmiten a través de la red. Contiene los equipamientos y sistemas que permiten a los operadores prestar de manera integrada todos los servicios.

2) Cabecera óptica o de transmisión, que es el equipamiento óptico capaz de dar soporte a los servicios a transmitir en la red.

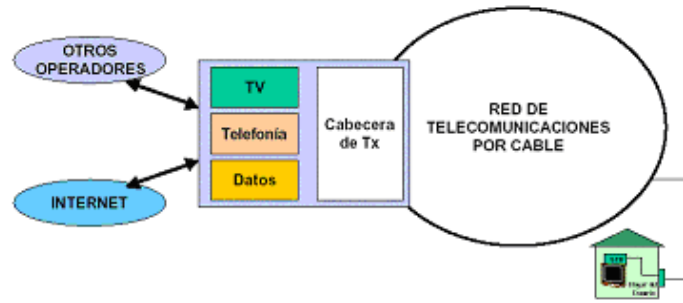


Figura. 2.7. Cabecera de una Red HFC

2 Red troncal.

Se encarga de llevar la señal desde los puntos de distribución hasta los puntos de distribución. Dicha red la podemos diferenciar en dos partes en función de su cobertura y nivel de despliegue final, diferenciando:

1) Red Trocal Primaria, es la red óptica que une la cabecera y los nodos *Primarios*. Suele seguir topologías en anillo o en estrella, mediante enlaces redundados. Dan cobertura a unos 15000 hogares.

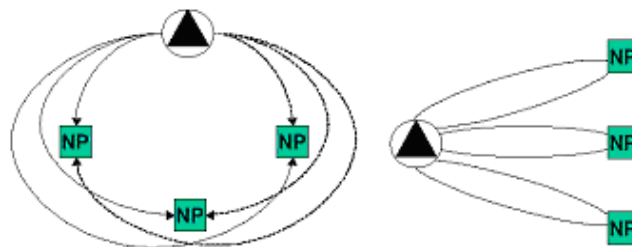


Figura. 2.8. Red Troncal Primaria y Primarios

2) Red Trocal Secundaria, es una red óptica que une los nodos *Primarios* y los nodos *Finales* o nodos *electro-ópticos*. Estos poseen un nivel de cobertura de unos 500 hogares.

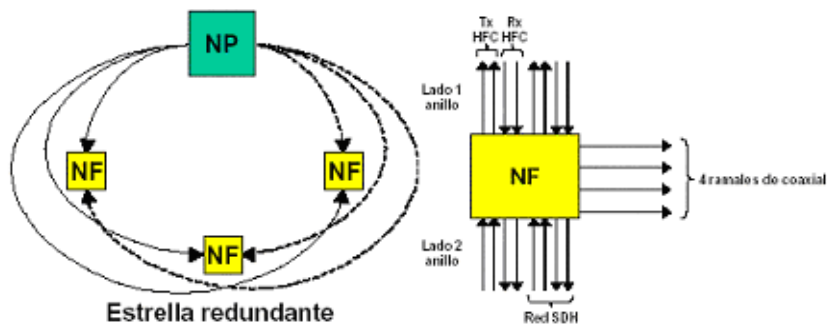


Figura. 2.9. Red Troncal Secundaria

3 Red de distribución.

Se encarga de llevar las señales desde los puntos de distribución hasta los abonados. Dentro de esta podemos diferenciar tres partes:

1) Red de distribución de coaxial, es una red de cable encargada de la conexión del nodo Final con el TAP o Punto de Conexión de Red.

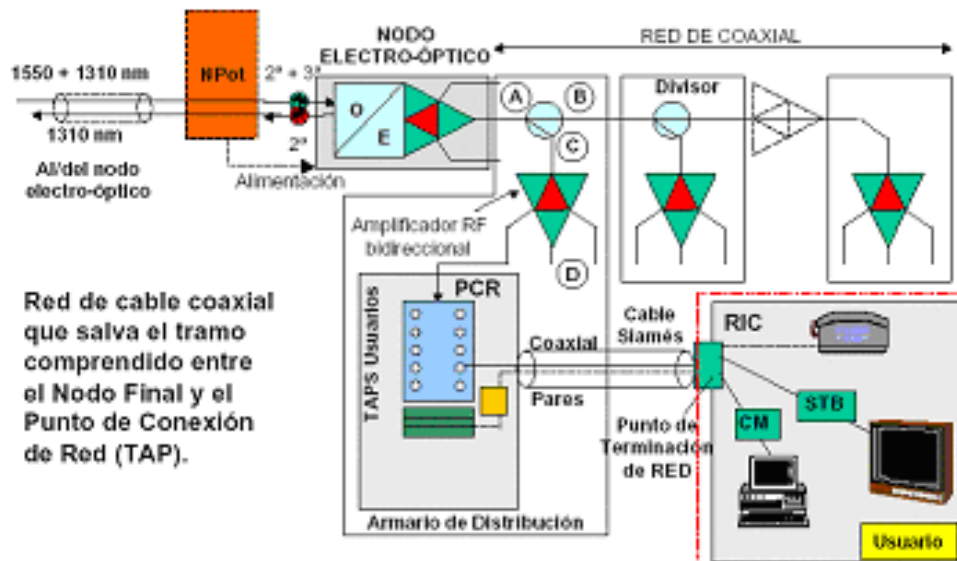


Figura. 2.10. Red de distribución de coaxial

2) Acometida, es la parte de la red HFC que salva el tramo entre el PCR (TAP y/o caja terminal de pares, en función del servicio telefónico dado), es decir el tramo de red en el edificio. Esta formado por equipamiento pasivo, como derivadores y repartidores de señal.

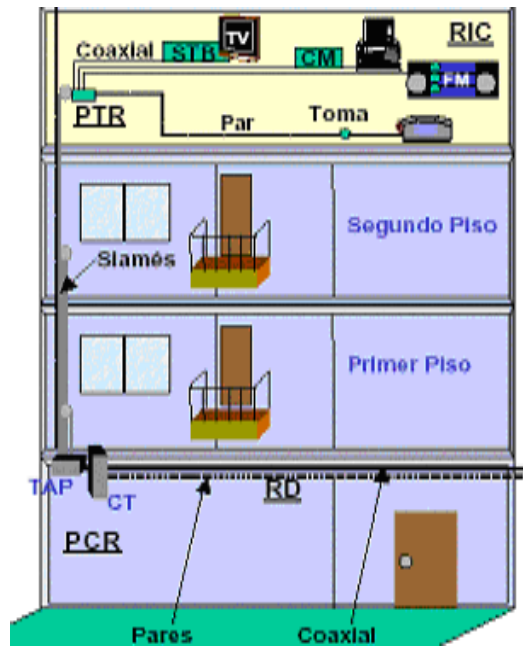


Figura. 2.11. Acometida

También llamada red exterior de cliente (REC) o red de acceso, tiene una topología en estrella, ya que cada abonado tiene su cable particular procedente del punto de conexión de red (PCR) hasta el punto terminación de red (PTR). Esta red acaba justo en el exterior del ámbito privado de cada unidad inmobiliaria, donde comenzará la red interior de cliente (RIC).

El elemento típico de esta red es el cable coaxial y par trenzado (RG-6 siamés). La construcción de esta parte de la red se realizará únicamente en algunos casos, cuando el valor añadido que suponga realizar las verticales de interconexión con los clientes en mazos agrupados de siameses y en una sola actuación sea significativo.

3) Red interior de cliente (RIC), formado por el cable coaxial donde se distribuyen los servicios. También puede llegar un par trenzado si el servicio telefónico es overlay.

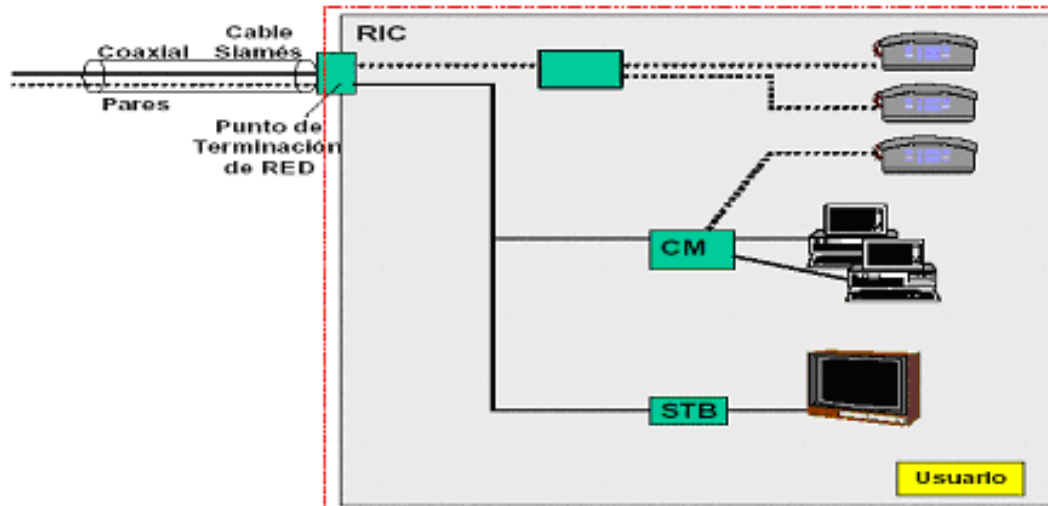


Figura. 2.12. Red interior de cliente

Comienza en aquel punto donde termina el PTR y dispondrá en el interior de la vivienda o local de un divisor balanceado de dos salidas, 15 m de cable RG-59 (longitud media por vivienda considerada en todos los cálculos de RF del proyecto) y un punto de toma de usuario (TU).

6 ¿Qué es el cable-módem?

El cable-módem es un dispositivo que permite la provisión de servicios de banda ancha a través de las redes de los operadores de televisión por cable. De

esta forma, es posible ofrecer la conectividad a Internet a través de las redes de cable.

El medio físico en que se soportan las conexiones de cable-módem (tramo de conexión con el abonado) es el cable coaxial, que también es utilizado para la recepción de emisiones de televisión. La arquitectura HFC distingue cuatro tramos en la red: cabecera, red troncal, red de distribución y red de acometida de los usuarios. Los diversos servicios que se prestan a través de esta infraestructura deben adaptarse a esta arquitectura.

Las redes HFC comparten el ancho de banda proporcionado por una línea coaxial entre varios usuarios, por lo que el ancho de banda efectivamente disponible dependerá del número de canales de televisión que se destinen al acceso a Internet así como del número de abonados que reciben la misma señal a través del coaxial. Los operadores de cable ajustan estos parámetros para configurar las velocidades de sus ofertas de banda ancha. A diferencia de lo que sucede con xDSL, empleando cable-módem se puede ofrecer una amplia gama de velocidades sin necesidad de cambiar de tecnología.

La función del módem de cable es convertir la red de cable CATV, en una vía transparente para el transporte de datos a alta velocidad e Internet, ofreciendo hacia el usuario y hacia otras redes desde cabecera, interfaces estándar. Los cable-módems se conectan a la red HFC en el PTR mediante un conector de cable coaxial de *tipo F*, y al PC a través de una interfaz *Ethernet 10BaseT*. El PC ha de disponer, por tanto, de una tarjeta de red. Hacia el usuario se ofrece un estándar 10BaseT y a partir de la cabecera es posible escoger varios estándares disponibles: *10BaseT*, *100baseT*, *Gigabit Ethernet*, *SDH*, *ATM*, etc. Los módems funcionan como *gateways*, pasando de un protocolo Ethernet al protocolo particular de la red de cable. En cabecera se hará el proceso inverso, se convierte el protocolo del cable en algunos de los estándares disponibles, además de realizar ciertas funciones de control sobre el sistema. Los sistemas de módems de cable no suelen requerir una topología de red concreta, sino simplemente que

se cumplan ciertas normas de calidad en la comunicación de extremo a extremo. Sin embargo, en la práctica puede resultar complicado, e incluso imposible, cumplir esas condiciones con una red enteramente coaxial.

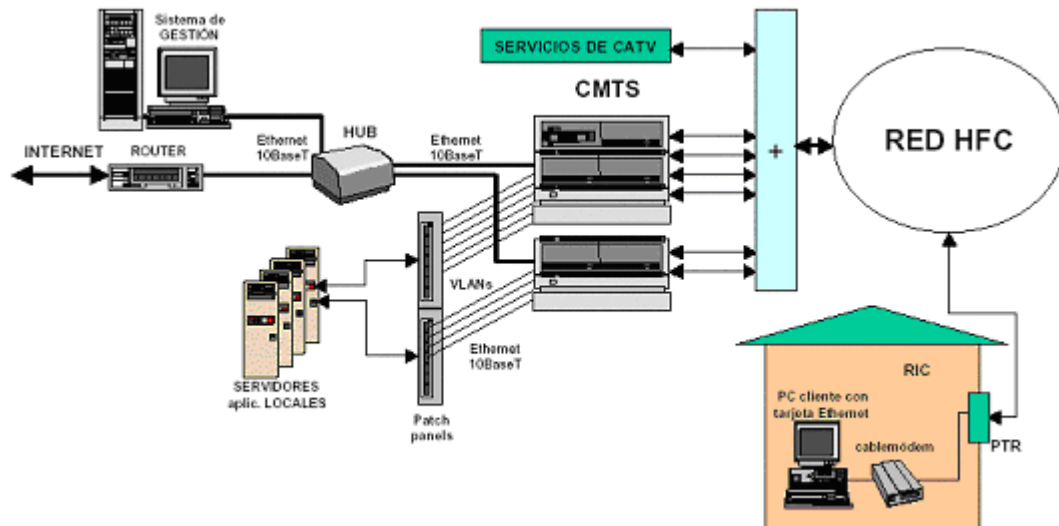


Figura. 2.13. Esquema General de la Red - Servicio de Cable-módems

1 Elementos de Red de Cable-modems.

- CMTS = Cable Modem termination System.- Router que actúa como interfaz entre la red de datos y la red de RF.
- CM = Cable-modem.- Modem que actúa como interfase entre la PC del cliente y la red de RF
- Servidores de "Back Office"
 - TFTP = Trivial File Transfer Protocol

- DHCP = Dinamic Host Configuration Protocol
- ToD = Time of Day

2 Etapas de Evolución de Cable-modems.

1ra Generación (1995-1998).- Utilización de tecnologías propietarias. Incompatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes (Primeros Lancity, Motorola y Com21).

2da Generación (1998-2002).- Sistemas basados en estándares internacionales. Interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes (Docsis 1.0, 1.1, Eurodocsis, DVB).

3ra Generación (2003 - Presente).- Sistemas más robustos y de mayor velocidad. Combinación de cable módem con acceso inalámbrico (Docsis 1.2, Docsis 2.0, Wireless LAN).

3 Clases de Módem.

En principio los módems de cable fueron pensados para implementar los niveles físicos y de control de acceso MAC, siendo una vía transparente de comunicación de datos tipo red de área local. Algunos módems implementan funciones de red y de transporte permiten que construir distintos tipos de aplicaciones sobre ellos. Podemos clasificarlos según esto en tres clases:

1) Los que implementan el nivel físico y MAC de forma transparente, comportándose como simples puentes, dejando a elección del usuario el utilizar cualquier tipo de protocolo sobre ellos.

2) Los que enrutan tráfico IP. Algunos sistemas de módems de cable tienen como objetivo el transportar tráfico IP de forma transparente entre los usuarios y cabecera, donde se instala un router que lo encaminará hacia un canal descendente o hacia otro destino en una red diferente.

3) Modems basados en ATM. Estos fragmentan los paquetes de datos en celdas ATM (53 Bytes) y utilizan los protocolos de señalización para proporcionar diferentes clases de servicios. Este tipo de módems proporcionan: plataformas multiservicio, gestión de calidad de servicio, soporte VLAN's, integración datos y voz sobre ATM, acceso Ethernet en el módem y comportamiento de bridge transparente.

Aunque los módems de cable sirven para el transporte de datos con diversos fines, la mayoría de los sistemas se emplean para proporcionar acceso a Internet.

7 Estándares de la tecnología HFC

A inicio de los 90's operadores de cable en USA buscan nuevas oportunidades de negocio a parte de la televisión. El Acceso a Internet es visto como un potencial negocio. Inicialmente las soluciones eran propietarias de los fabricantes de equipos por lo que no había manera de interoperabilidad. Posteriormente frente a la necesidad de estandarizar tecnologías para abaratar costos, Operadores y Fabricantes crean CableLabs, como un ente de regularización y desarrollo de estándares en este campo.

En la actualidad existen diferentes estándares de normalización asociados a los servicios de acceso de datos en las redes HFC. Estos servicios, son principalmente los de datos y acceso a Internet. Los mismos están basados en los cable-módems, que son los equipos encargados de ser pasarela que permita convertir las redes de cable en redes transparentes para la transmisión de datos de alta velocidad. En la actualidad existen tres tipos de normalizaciones diferentes: *DOCSIS*, *EuroDOCSIS* y *DVB-RCC*. Alrededor de 1997 tres estándares salieron. DAVIC/DVB fue el primero junto con el estándar Europeo, por detrás fue seguido por MCSN con el estándar estadounidense (*DOCSIS*). *IEEE* vino después con la *802.14*, y claramente perdió la primera de las iniciativas de estandarización.

1 DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*).

Es un estándar creado por CableLabs que permite “introducir un sistema de datos sobre cable abierto que facilite la rápida definición, diseño, desarrollo e implementación de servicios”.

El primer estándar DOCSIS data de 1998. Hoy DOCSIS es el estándar más difundido a nivel Mundial para redes de HFC. Existen diferentes normalizaciones, como son:

- DOCSIS 1.0: Servicio *Best Effort* de alta velocidad para acceso a Internet y datos.
- DOCSIS 1.1: Múltiples clases de servicio y QoS para los servicios sensibles al retardo, como la telefonía. Sistema con doble velocidad (canal de retorno) y de bajo coste.
- DOCSIS 1.2: Usa tecnología *S-CDMA (Synchronous CDMA)*, con mayores tasas de transferencia y tolerancia al ruido e interferencias.
- DOCSIS 2.0: Introduce soporte a servicios Simétricos y servicios Punto a Punto (PPP), servicios *IP multicast* y mayor inmunidad al ruido y la interferencia. Es un sistema abierto, compatible con los DOCSIS 1.0 y 1.1

Existen 200 tipos de módems de cable certificados con DOCSIS, de los cuales 40 son DOCSIS 1.1. Actualmente la tendencia de la tecnología es integrar bajo un mismo equipo el puerto de voz, el cable módem y también el decodificador.

Tabla. 2.3. Comparación entre diversos estándares DOCSIS

Estándar	Prestaciones	Servicios y beneficios
DOCSIS 1.0 5 Mbps u/s	Especificaciones estándar	Alta velocidad de datos. Acceso a Internet
DOCSIS 1.0 10 Mbps u/s (retorno)	Calidad de servicio. Seguridad	Doble capacidad u/s (retorno). Bajo coste
Advanced PHY.30 Mbps u/s (retorno)	S-CDMA A-TDMA	Servicios simétricos. Punto a Punto.

DOCSIS 2.0		Busines-to-busienes(B2B)
------------	--	--------------------------

En forma General, DOCSIS establece que los diferentes servicios se encuentran multiplexados en frecuencia, tanto en el sentido red-usuario (canal descendente o *downstream*) como en el sentido usuario-red (canal de retorno o *upstream*).

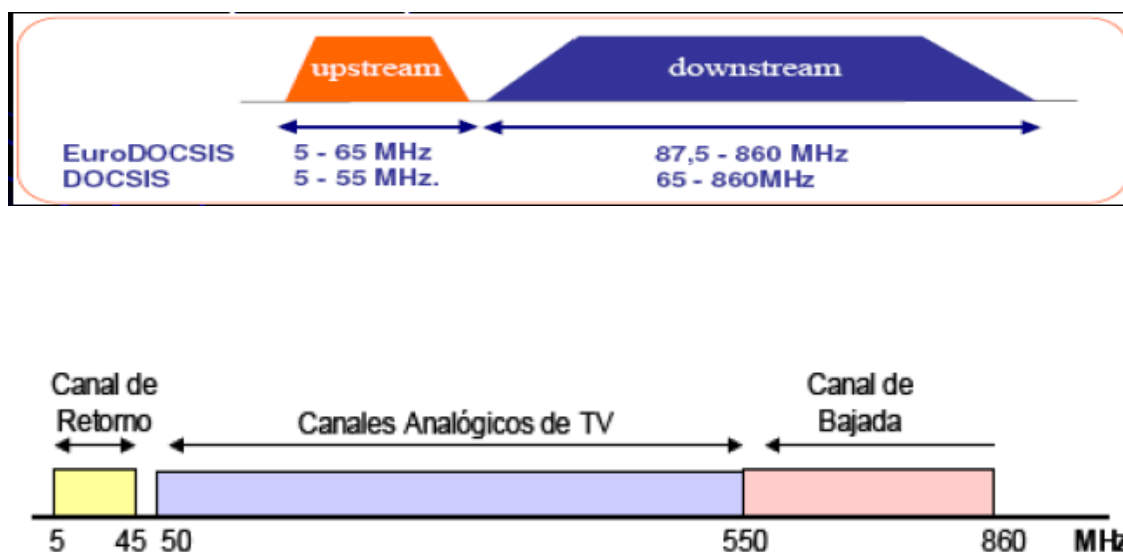


Figura. 2.14. Estándar DOCSIS con sus respectivos canales

Características de Transmisión Downstream.

- *Rango de frecuencias* : 54 – 750 o 860 MHz
- *Modulación* : 64 QAM – 256 QAM
- *Ancho del Canal* : 6 MHz
- *Velocidad bruta* : 30.34 Mbps – 40.44 Mbps
- *Transporte* : Frames MPEG2 de 188 bytes
1 byte Sync + 3 bytes header + 184 bytes payload
- *Multiplexación* : TDM = Time Division Multiplexing
- *Corrección errores* : FEC = Foward Error Correction
Red Solomon Coding = 16 bytes
Total = 188 bytes mpeg2 + 16 bytes FEC = 204 bytes
- *Encriptación* : DES = Data Encryption Standard

Características de Transmisión Upstream.

- *Rango de frecuencias* : 5 a 42 MHz
- *Modulación* : QPSK – 16 QAM
- *Ancho del canal* : Variable entre 200 KHz y 3.2 MHz
- *Velocidad Bruta* : 320 Kbps - 10 Mbps
- *Transporte* : Paquetes Ethernet de 18 – 1518 bytes
- *Multiplexación* : TDMA Time Division Multiple Access
Minislots de 16 bytes largo nominal (puede ser mayor)
- *Corrección errores* : FEC = Forward Error Correction
- *Niveles de Transmisión de Señal* :
QPSK = 8 a 58 dBmV
16QAM = 5 a 55 dBmV

2 DVB-RCC (Return Channel Cable).

Fue definido para los *STB's* y extendido para facilitar a los cable-módems y Cabeceras (INA- Interactive Network Adapter) la compatibilidad con los Set-Top Box DVB desplegados hasta ese momento (basados en el estándar DVB-C). Así este estándar es atractivo para el mercado europeo, ya que muchos de los operadores han desplegado activamente unidades basadas en DVB, con la consiguiente necesidad de adaptar sus redes a los nuevos servicios de datos. El estándar se ha definido para ser soporte de clases de servicio best effort y higher-grade (baja latencia). El estándar además complementa los servicios de TV, cumpliendo los estándares de TV europea.

3 EuroDOCSIS.

Es un estándar nacido como extensión de DOCSIS, con el objetivo de cumplir los estándares europeos de televisión, y adaptarse así a las exigencias de estos. Fue creado con el objeto de que los operadores europeos de cable pudieran explotar los altos volúmenes de productos DOCSIS, que se comercializan desde 1998. Así los costes asociados a estos no se dispararían por problemas de compatibilidades y estandarización. Este estándar provee de

servicios y rendimientos similares a los prestados por DVB-RCC, si bien el nivel de integración con los STB's es ligeramente inferior. Así la adaptación es debida a que los estándares de TV europeos contemplan un canal de retorno de entre 5-62 MHz, y unos canales con un ancho de banda de 8MHz.

4 OpenCable.

Es un estándar definido por la Cable TV industry (a través de CableLabs), para permitir la interoperatividad multivendedor entre Set-Top-Box y cabeceras Video. OpenCable define una especificación hardware y software, creando una plataforma común para desarrollar servicios interactivos, salvando el problema de los sistemas operativos propietarios, en donde participan 90 diferentes compañías (ATT, Microsoft, Motorola, Philips, Siemens etc). Este estándar posee una amplia gama de servicios por combinar tanto a *DVB* como a DOCSIS. Así combina las especificaciones para video digital de *MPEG2*, la capacidad de DVB para aplicaciones básicas de bajo consumo de ancho de banda, con la DOCSIS para aplicaciones IP de alto consumo de ancho de banda.

8 Servicios y aplicaciones de la tecnología HFC

La tecnología HFC, destaca por ser una de las pocas tecnologías de acceso que es capaz de soportar todos los servicios demandados en la actualidad sin limitaciones considerables.

Las redes HFC, como redes que requieren de un cableado de fibra en su *backbone* de red, y un cableado de coaxial en la parte final de acceso, se ven altamente limitadas en su alcance máximo hasta el usuario. Sin duda las redes HFC tienen más de redes Metropolitanas de área extensa (MAN o WAN regionales), para entornos urbanos y su periferia, que como red global de acceso para una región determina. Así de esta manera el acceso HFC en zonas geográficas abruptas de difícil cableado o que requieran costos de despliegue elevados parece poco seguro por no decir improbable. De esta manera, las posibilidades de generalizar el servicio de acceso a través del cable a entornos

rurales, o distantes de zonas urbanas densamente pobladas son muy complejas y costosas.

Sin embargo inicialmente las redes CATV, surgieron en los años 50-60 como medio de distribución generalizado de TV a puntos de difícil acceso donde la señal terrena no llegaba. Sin embargo las actuales características de los servicios de las redes HFC (*Internet, VLAN's, Intranet, VoD y servicios interactivos*) han generado la necesidad que algo más que una red activa de coaxial, sino son la fibra óptica y costosos equipos ópticos, los encargados de sostener tales servicios, y por lo tanto su despliegue no es tan factible como lo pudo ser hace 2 o 3 décadas (hablamos redes CATV de EE.UU y Europa Occidental). Pese a ello el factor más limitante es la situación del mercado. Si este no da el respaldo suficiente, el crecimiento de la tecnología se ralentizará. La tendencia actual nos lleva a considerar las redes HFC (Híbridas Fibra óptica-Coaxial) como las redes que en un futuro cada vez más próximo harán llegar hasta los hogares de la mayoría de poblaciones de grande y mediano tamaño, y no al entrono rural, un amplísimo abanico de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones.

Actualmente se encuentran operativas las siguientes:

- Distribución analógica de TV analógica terrenal
- Distribución analógica de TV analógica por satélite
- Distribución analógica de TV digital por satélite
- Distribución de canales de radio FM
- Telefonía integrada.
- Servicios de pago por visión (PPV)
- Acceso a Internet (conmutado y mediante cablemódem)
- Servicios y Videojuegos interactivos.
- Acceso a bases de datos, etc

Se prevé que se introducirán nuevos servicios sobre los actuales y estos son:

- Soporte transporte TV Digital

- EPGs.(Guías Electrónicas de Programación)
- PPV (Paid Per View).
- nVOD, VOD (Video on Demand)
- DAB (Digital Audio Broadcasting)
- Videotelefonía a través del televisor.
- Banca-e, comercio-e.
- Teleadministración, demótica.
- Anuncios interactivos.
- Acceso a Internet a través del TV.
- Portales TV.

Las únicas redes de acceso que es capaz de soportar todos los servicios que actualmente se encuentran en funcionamiento son las redes HFC y EFM. EFM es todavía una opción en creación y desarrollo, lo cual hace que la tecnología HFC se encuentre en una posición privilegiada para prestar los servicios que actualmente se encuentran operativos en redes MAN y WAN, convirtiéndose en operadores globales de gran cobertura. Incluso es posible la integración futura de EFM en el grueso de las redes HFC, convirtiéndose en una opción integral y global de redes LAN, WAN y MAN. De esta manera parece que HFC se encuentra en una posición ideal para plantearse como la solución global de acceso, pese a las limitaciones que anteriormente se han descrito.

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA RED E INFRAESTRUCTURA HFC

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se pretende el diseño de la red HFC en el núcleo urbano de la ciudad de Esmeraldas básicamente donde la empresa “Green Tv” tiene una red típica CATV, se plantea la inevitable *migración* de las redes de cable hacia complejos sistemas de telecomunicaciones que manejen servicios convergentes.

Se propone una arquitectura de red híbrida fibra óptica-cable coaxial (HFC), para la distribución de contenidos telemáticos integrados por cable. Para el dimensionamiento se utilizará fibra monomodo y cable coaxial. Este tipo de arquitecturas permiten integrar una gran variedad de servicios, demandando cada uno de los cuales diferentes requisitos de calidad y capacidad a la red. La figura a continuación refleja la necesidad de capacidad e interactividad requerida para servicios soportados por redes HFC.

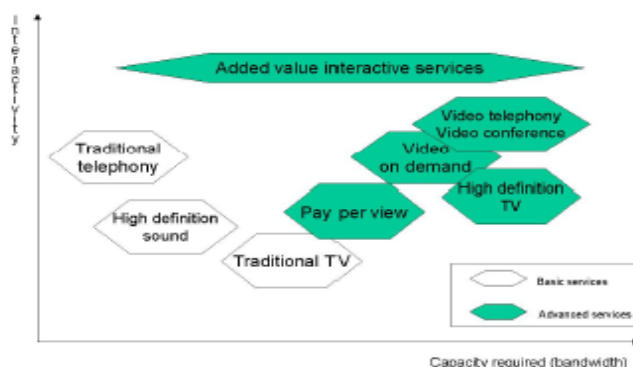


Figura. 3.1. Servicios de Telecomunicación integrados

En la actualidad las arquitecturas basadas en fibra óptica exclusivamente, como FTTH (fibra hasta el abonado) o incluso su versión más reducida FTTC (fibra hasta la acera), tienen costos demasiado elevados que harían inviable la inversión. La posibilidad que proporciona la fibra óptica, de alcanzar mayores distancias sin tener que regenerar la señal, a la vez que su capacidad para transportar grandes volúmenes a altas velocidades, las hacen especialmente adecuada para los enlaces de la red troncal, donde se sustituye con ventaja al cable coaxial.

2 USUARIOS POTENCIALES

La ciudad de Esmeraldas, refiriéndose a la zona urbana, consta de más de 90.000 habitantes, con aproximadamente 20.000 viviendas de las cuales la Empresa "Green Tv" brinda un servicio a 2.500 clientes, el objetivo de este proyecto es que la mayoría de la población de esmeraldeños tengan la posibilidad de recibir los servicios que podría ofrecer en un futuro "Green Tv"; esto significa que hay que hacer el diseño para cablear el 60% de la ciudad llegando a estimar un potencial aproximado de 12.000 usuarios.

3 PRODUCTOS O SERVICIOS A BRINDAR

Entre los servicios que se piensan brindar se tienen los siguientes:

- Televisión Analógica y Digital
- Internet Banda Ancha
- Transmisión de Datos
- Telefonía
- Video bajo Demanda (VoD)
- Grabaciones de Video Digital (DVR)
- Pago por ver (PPV)
- Juegos Interactivos
- Videófono
- Servicios Multimedia
- Vigilancia IP

1 Servicio de distribución de TV (Analógica y Digital)

Esta relacionado con la difusión de señales de televisión analógica y digital. Este servicio suele usar un Set Top Box o Decodificador para adaptar las señales a los receptores de TV. Las redes HFC permiten servicios como **PPV** (Pago por Ver) donde se elige el contenido que se desea, previo pago de una cuota, servicio de **VoD** (Video por Demanda) y el servicio de Grabaciones de video digital (**DVR**).

Las redes HFC son sin duda las mas adecuadas para este tipo de servicio, tanto por ancho de ancho de banda (permite hasta 30 canales de TV analógicos o 100 canales TV digitales), como por la posibilidad de interactividad por el canal de la posibilidad de interactividad por el canal de retorno.

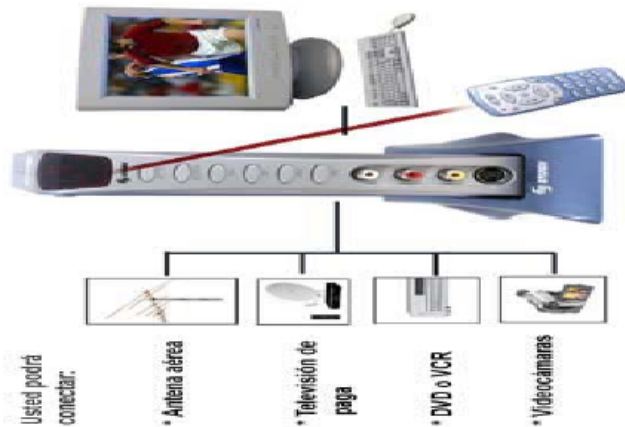


Figura. 3.2. Servicios de distribución de TV

Los servicios de Internet y datos

Se realizan a través de cable modems, que son el interfaz que posibilita la transmisión y recepción de la información entre usuario y cabecera con velocidades del orden de Mbps. Esta velocidad de acceso a las redes posibilita servicios como los de videoconferencia, comercio electrónico, servicios Web (Multimedia) que implican la transmisión de voz, datos, imágenes, video digitalizado. A través del Internet también se pueden dar los servicios de IPTV, DTV.

Las redes HFC son adecuadas para los servicios de Internet y datos, a pesar de la limitación del reparto de los 2 Mbps del canal de retorno entre todos los usuarios del canal.

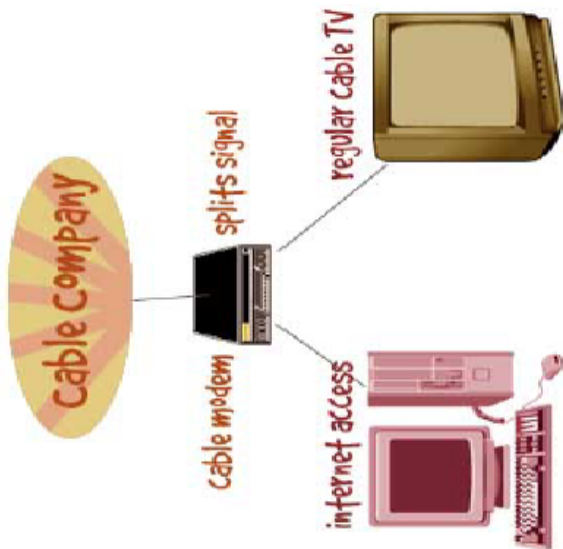
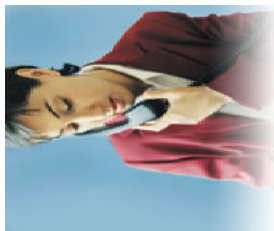


Figura. 3.3. Servicios Internet y datos

El servicio de telefonía o servicios de voz

El servicio de voz puede ser integrado en las redes de cable debido a la bidireccionalidad, que provee el canal de retorno. Las comunicaciones de voz, debido a las características que presentan requieren comunicación a tiempo real, baja latencia y ancho de banda constante mientras dure la transmisión. Este servicio se obtiene mediante el uso del *CMTS (Cable Modem Terminal System)* en la cabecera y el uso de cable modems como CPE.

Las redes HFC se adaptan a los servicios de voz con las mismas funcionalidades de las redes de conmutación de circuitos, pero la tendencia en todos los fabricantes es dar voz sobre IP (VoIP) usando especialmente el protocolo SIP, que permite implementar nuevos servicios con menor costo y evita la dependencia de un solo suministrador.



**Figura. 3.4. Servicios de Telefonía o de voz
Servicios avanzados e interactivos**

Servicios como: TV de alta definición y audio digital, al disponer de un ancho de banda descendente de alta capacidad. Servicios de juegos, teletexto interactivo, telecompra, telemetría, videojuegos interactivos, requieren interactividad y tiempos de respuesta pequeños entre los usuarios de la red.

4 REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

1 Características de la red

Deberá tratarse de un sistema totalmente transparente al tipo de modulación en toda la banda de frecuencias y en las dos direcciones, que permita transmitir/distribuir cualquier tipo de señal y optimizar la interoperabilidad y la interconectividad. Entre las características más sobresalientes tenemos:

- Banda de distribución de frecuencias: 86-862 MHz.
- Banda de radiodifusión sonora en FM: 87,5-108 MHz.
- Banda reservada a TV digital: 606-862 MHz.
- Banda de retorno: 5-55 MHz.
- Cable coaxial: según norma CENELEC EN 50 117-1.
- Fibra óptica: tipo monomodo según recomendaciones de la UIT-T.
- Usa un medio compartido. (Ethernet)
- Distribución en bus.
- Velocidades asimétricas: Download 10Mbit/s compartido, Upload 768kbit/s o 3Mbit/s compartido.
- Posibilidad de simetría hasta 10 Mbps.
- Diseñado para usuarios residenciales.

- No hay límite de distancia.
- Cada bus HFC tiene capacidades hasta 50Mbps en sentido red usuario y 10Mbps en sentido usuario-red.

2 Características del equipamiento de cabecera y de la señal entregada en el punto de conexión de cabecera

1 Características de RF.

- Impedancia Entrada: 50/75 Ohm.
- Impedancia Salida: 75 Ohm.
- Características mecánicas del conector: tipo F o CEI M14 x 1.
- Pérdidas de retorno: ≥ 14 dB.
- Relación C/N [1]: ≥ 60 dB.
- Nivel de señal entregada en carga (para toda la banda de RF): ≥ 19 dBmV.
- Estabilidad frecuencias portadoras TV: ± 75 kHz (30 kHz con teletexto).
- Estabilidad frecuencia portadora radiodifusión sonora FM: ± 12 kHz.
- Rechazo zumbido de red: ≥ 65 dB.
- Variación de retardo de grupo: 50 ns.

2 Características de vídeo.

- Ganancia diferencial: ≤ 5 %.
- Fase diferencial: $\leq 3^\circ$
- No linealidad de luminancia: ≤ 3 %.
- Factor K [2]: $\leq 1,5$ %.

3 Características de sonido.

- Impedancia de entrada: ≥ 600 Ohm.
- Impedancia de salida: ≤ 30 Ohm.
- Nivel modulación sonido. TV: 1,55 Vrms para desviación: ± 30 kHz.
- Nivel modulación sonido radio FM: 1,55 Vrms para desviación ± 40 kHz.
- Distorsión armónica: $\leq 0,5$ por 100.
- Respuesta en frecuencia (30 Hz a 15 kHz): $\pm 0,5$ dB.
- Diafonía de canales estéreo: ≥ 40 dB

[1] Medida C/N: Mide la relación del nivel de pico de la portadora de vídeo con el nivel de ruido mínimo entre canales.

[2] Factor K (Medidas de eco): se define como la respuesta del sistema a un impulso sinusoidal cuadrado de duración 2T, siendo T=100ns. Se da en %.

3 Especificaciones de punto de terminación de red

1 Características físicas.

- Según norma UNE 20-523-79.
- Toma blindada según norma CENELEC EN 50083-2.

2 Características eléctricas.

- Impedancia: 75 Ohm.
- Banda de frecuencia: 86-862 MHz.
- Banda de retorno: 5-55 MHz.
- Pérdidas de retorno TV (40 a 862 MHz): ≥ 14 dB-1,5 dB/Octava y en todo caso ≥ 10 dB.
- Pérdidas de retorno radiodifusión sonora FM (87,5 a 108 MHz): ≥ 10 dB.

4 Características de la señal de TV analógica en el punto de terminación de red

- Nivel de señal de TV: 62-82 dB μ V.

1 Nivel de señal radiodifusión sonora en FM.

- Mono: 40-70 dB μ V/75 Ohm.
- Estéreo: 50-70 dB μ V/75 Ohm.

2 Relación portadora/ruido.

- TV (AM-BLV): ≥ 44 dB.
- Radiodifusión sonora en FM-mono: ≥ 38 dB.
- Radiodifusión sonora en FM-estéreo: ≥ 48 dB.
- Diferencia de nivel entre canales: ≤ 12 dB.
- Relaciones de interferencia en canal TV:
- Interferencia a frecuencia simple: ≥ 57 dB.
- Producto de intermodulación canal simple: ≥ 54 dB.
- Producto de intermodulación a frecuencia múltiple: ≥ 52 dB.

- Aislamiento entre tomas de usuario: ≥ 36 dB.
- Rechazo zumbido de red: ≥ 46 dB.

3 Respuesta amplitud/frecuencia.

- Dentro del canal: ± 2 dB.
- En un margen de 0,5 MHz: $\pm 0,5$ dB.

4 Características de vídeo.

- Ganancia diferencial: 12 %.
- Fase diferencial: 12.º

5 Niveles De Calidad De Servicio (QoS)

1 Mantenimiento

El mantenimiento preventivo se efectuará como mínimo una vez por año y sus resultados así como los de mantenimiento correctivo deberán ser reportados durante los dos primeros meses de cada año, en un documento certificado por un Ingeniero en Electrónica y/o Telecomunicaciones, de acuerdo al formato a ser emitido por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

2 Índices de Calidad de Servicio y Metas

Los concesionarios deberán reportar trimestralmente a la Superintendencia de Telecomunicaciones, los listados de cumplimiento de cada uno de los índices de calidad de servicio en función de los formularios que determine la Superintendencia de Telecomunicaciones. Para el caso de operadoras que cuenten con un número de abonados mayor a 2000, se requiere que la información sea publicada en una herramienta en línea para descarga automática del organismo de control.

Los índices de calidad y sus metas se aplicarán a todos los concesionarios, salvo el caso de fallas calificadas como caso fortuito o fuerza mayor; o, no imputables al concesionario; y, se revisarán anualmente por el CONARTEL.

Los índices de Calidad de Servicio y Metas se detallan a continuación.

Atención de Reclamos.- El parámetro a considerarse es el tiempo promedio de resolución de reclamos, que se define como el tiempo promedio medido en horas continuas que los usuarios esperan para que un reclamo reportado a través del centro o persona responsable de atención al cliente del proveedor del servicio sea resuelto. Los lineamientos a seguirse se muestran en la siguiente tabla.

Tabla. 3.1. Atención a reclamos

Valor Objetivo (h)	Porcentaje de Casos
≤ 24	90%
≤ 48	91% - 95%
≤ 72	96% - 99%

Reparación de Averías.- Para este caso se considerará el tiempo promedio de reparación de averías que se define como el tiempo promedio medido en horas continuas que tarda en repararse una avería. Se lo contabiliza desde el momento en que se produce la notificación al centro o persona responsable de atención al cliente del proveedor del servicio hasta la reparación de la misma. El valor objetivo de este tiempo será hasta 72 horas.

Cumplimiento de Visitas de Reparación.- Se define como la cantidad de visitas efectuadas para la reparación de averías una vez que el centro o persona responsable de atención al cliente del proveedor del servicio ha sido notificada de las mismas. El valor objetivo de cumplimiento es del 90% del total reportado.

Tiempo de Respuesta de Operadoras.- Para este caso se considera el tiempo medido en segundos que la persona responsable o centro de atención al

cliente del proveedor del servicio demora en responder una llamada. Los parámetros a controlar se muestran en la siguiente tabla.

Tabla. 3.2. Parámetro de tiempo de respuesta

Valor Objetivo (s)	Porcentaje de Casos
≤ 55	92%
> 55	8%

Interrupción y Restitución del Servicio.- El operador tiene la obligación de notificar a la Superintendencia de Telecomunicaciones con por lo menos 48 horas de anticipación cualquier interrupción planificada que afecte la prestación del servicio. En caso de interrupción del servicio por causas imputables al Concesionario, cada usuario tiene derecho al reembolso por parte del concesionario por el tiempo en que no ha tenido el servicio, sean estas horas o días, el cual será calculado en función del pago mensual que realiza el usuario según plan contratado.

Reclamos de Facturación.- Para la presente norma se considerará que de existir reclamos de facturación de los usuarios al proveedor de servicio, estos no podrán exceder el valor objetivo del 1 por cada 100 facturas.

3 Registro de Usuarios

Para aplicación de la presente norma y con el fin de contar con un registro de usuarios y suscripciones, el concesionario deberá entregar trimestralmente a la Superintendencia de Telecomunicaciones la información pertinente, así como esta Institución podrá requerir al Servicio de Rentas Internas dicha información, a fin de asegurar la veracidad de la misma.

La Superintendencia de Telecomunicaciones podrá realizar auditorias Técnicas y administrativas en el momento oportuno.

4 Puntos de Prueba

La Superintendencia de Telecomunicaciones determinará los puntos de prueba y realizará las mediciones de los parámetros de operación de cada sistema autorizado.

Para la realización de las pruebas de comportamiento técnico, los Sistemas de Televisión por Cable se clasificarán por el número de suscriptores que son servidos por una sola Cabecera (Head End).

Un sistema con menos de 2.000 suscriptores deberá realizar las pruebas de comportamiento técnico que le correspondan en 4 puntos de prueba ampliamente espaciados para representar todas las áreas geográficas servidas. Tres de dichos puntos serán dispuestos en el Head End, la red trocal y de distribución y el 4to. representativo de la terminal del suscriptor más distante de la Cabecera (Head End), o entrada del sistema en términos de la longitud del cable.

De 2.001 a 6.000 suscriptores serán 5 los puntos de prueba.

De 6.001 a 9.000 suscriptores serán 6 los puntos de prueba.

De 9.001 a 15.000 suscriptores serán 7 los puntos de prueba.

De 15.001 en adelante, un punto de prueba más por cada 15.000 suscriptores adicionales (8 de 15.001 a 30.000, 9 de 30.001 a 45.000, etc.), siempre representando proporcionalmente a las áreas servidas (tres cuartas partes) y a las terminales más distantes (una cuarta parte).

La Superintendencia de Telecomunicaciones realizará el monitoreo en cualquier punto de la red, sin necesidad de efectuar notificaciones previas al concesionario e inclusive podrá efectuarlos en puntos de prueba adicionales a los mencionados y definidos anteriormente.

5 DISEÑO DE LA RED HFC

1 Descripción general del servicio

El servicio consiste en que, a través del mismo cable coaxial que llega hasta la residencia del suscriptor, se proporcione el tradicional servicio de programación de televisión y, adicionalmente, el acceso a Internet para la transmisión bidireccional de datos a través de la red de cable.

Como se observa en la Figura. 3.5, el operador de cable proporciona un modem al suscriptor para acceder a Internet y en el CRC de la red, introduce equipo para administrar todos los cablemódems de la red, el ancho de banda y otros elementos que integran la nueva arquitectura.

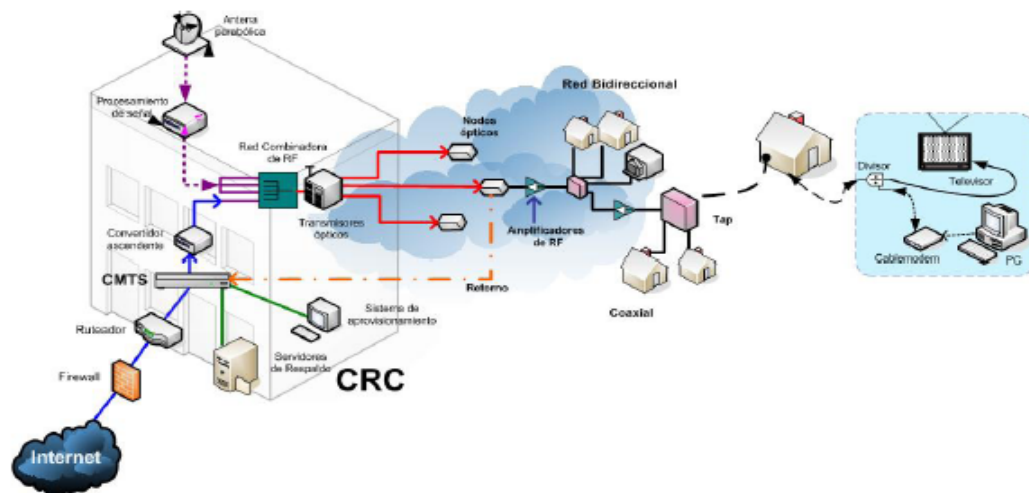


Fig.1 Estructura de la red bidireccional de cable para la transmisión de datos

Figura. 3.5. Estructura de red bidireccional de cable para Tx de datos

Para determinar de manera general cuáles son las implicaciones del manejo de una red de datos en contraposición con una de televisión analógica, basta con observar la Figura 3.6 para percatarse de las principales diferencias.

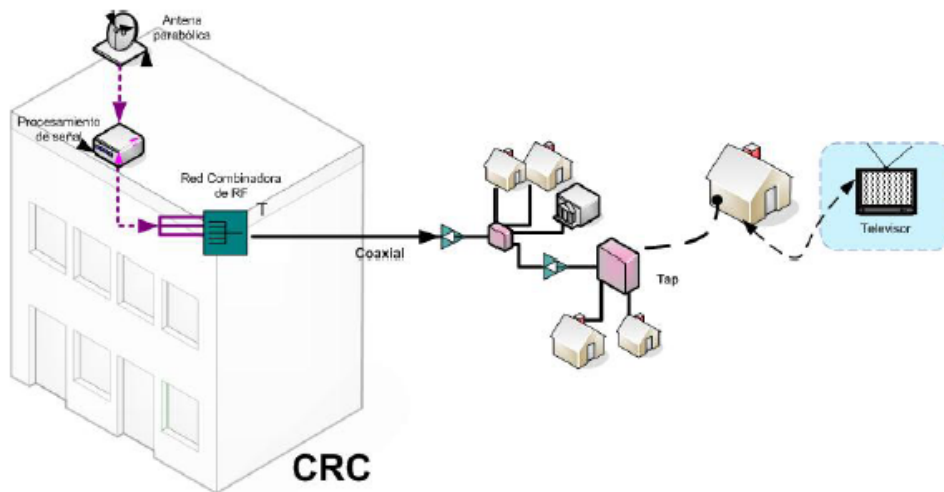


Figura. 3.6. Estructura de red unidireccional típica para tv por cable

2 Migración a la red HFC

La migración implica:

- Hacer bidireccional la red de cable,
- Integrar nuevo equipamiento en el CRC de la red de cable y en el sitio del suscriptor,
- Enfrentar nuevas y más complejas formas de administrar el sistema,
- Adoptar nuevas interfases de facturación y aprovisionamiento de servicios,
- Elegir ingenieros que cuenten con conocimientos en redes de cable y en redes de datos,
- Manejar nuevos conceptos y términos típicos de redes de datos de computadoras,
- Adoptar nuevas técnicas de modulación de la señal y manejo de señales digitales.

Básicamente la migración consiste en reemplazar la red Troncal Coaxial por Red Troncal de Fibra Óptica, hay que mejorar las características de Ancho de

Banda de la Red de Distribución hasta 860 MHz / 1 GHz (sustituir cable RG 11 por cable .500) y además hay que adaptar la Red de Distribución a máximo 3 amplificadores.

La Empresa "Green Tv" actualmente tiene una red típica CATV como se muestra en la Figura.3.7.

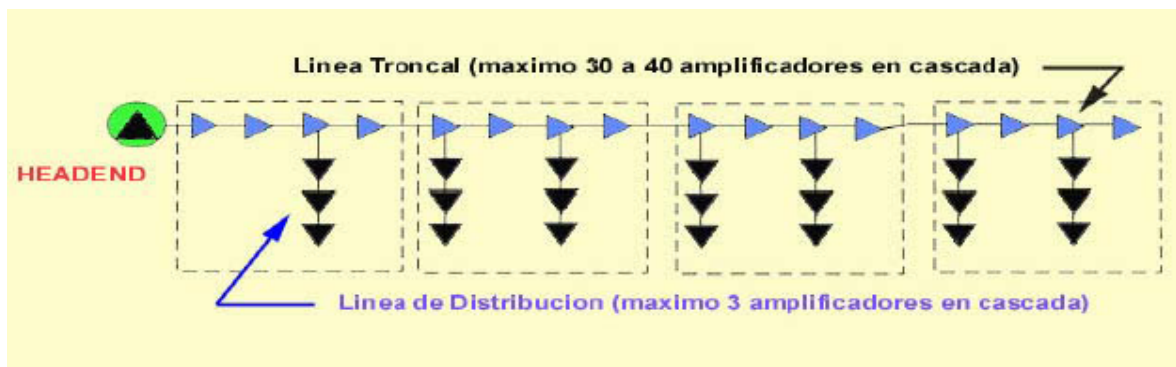


Figura. 3.7. Red Típica CATV

Lo que se quiere obtener es una red HFC como se muestra en la Figura.3.8.

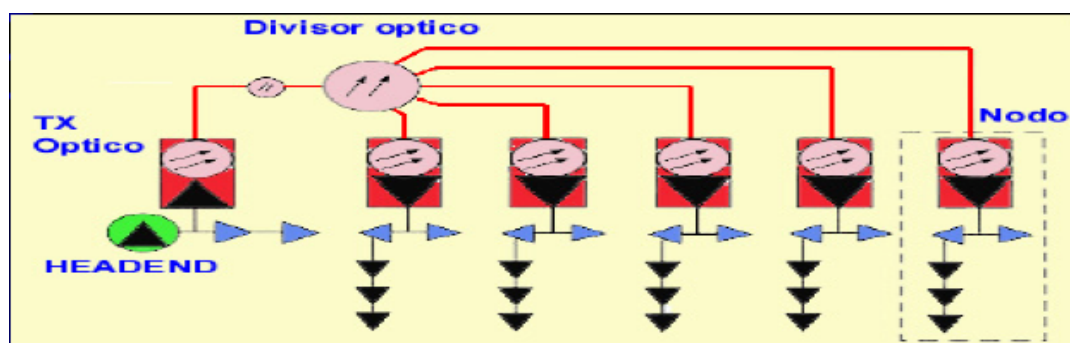


Figura. 3.8. Migración a red HFC

Pero mucho mejor sería si se llegara a conseguir una red HFC mejorada, es decir sin amplificadores RF como se muestra en la Figura.3.9.

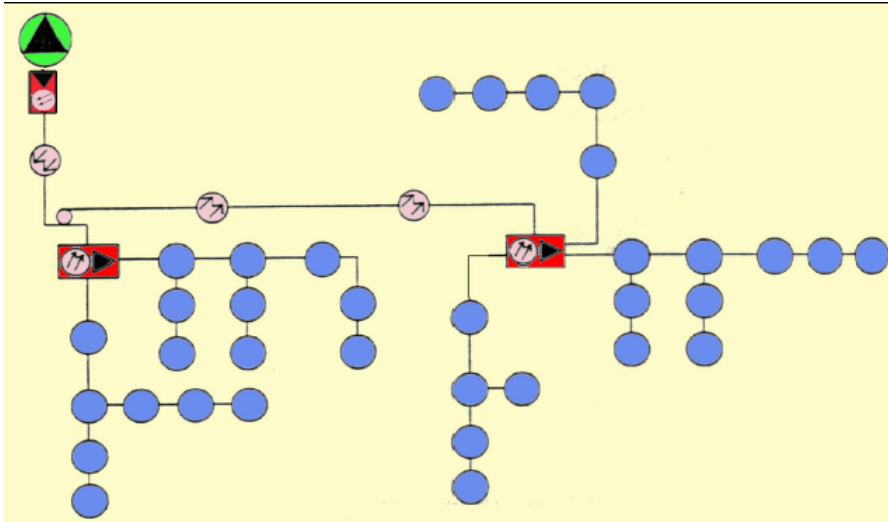


Figura. 3.9. Red HFC Mejorada

3 Crecimiento de Redes HFC

A medida que el tamaño del nodo va disminuyendo cada vez se requiere que más fibras ópticas lleguen hasta la cabecera del sistema.

En sistemas sin redundancias el número de fibras en los cables se irá reduciendo a medida que nos alejamos de la cabecera (Módulo escalonado) como se muestra en la siguiente Figura.3.10.

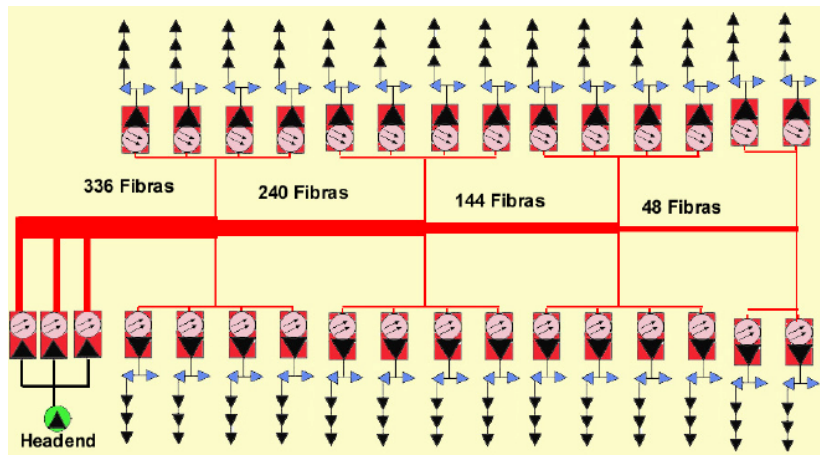


Figura. 3.10. Módulo Escalonado

En sistemas redundantes tendremos un anillo con cantidad constante de fibras (Módulo constante) como se muestra en la Figura.3.11.

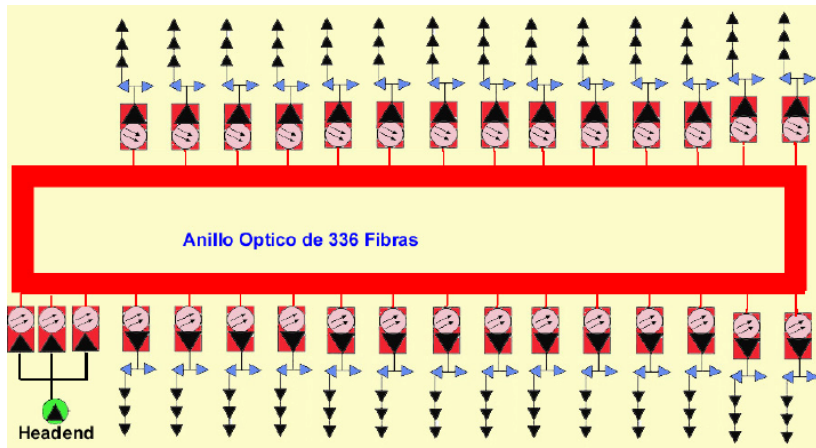


Figura. 3.11. Módulo Constante

Para disminuir la complejidad de la distribución de fibras, a medida que crece nuestra red, se han diseñado varias estructuras escalables.

- Anillo – Estrella: Anillo entre NPs y estrella en los NFs

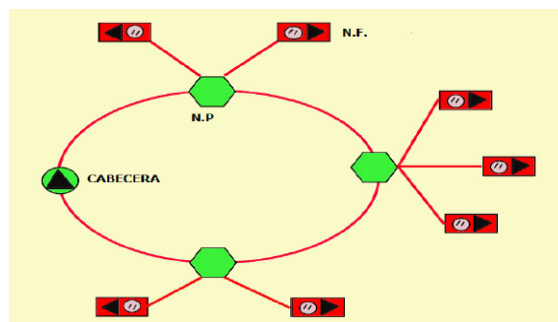


Figura. 3. 12. Estructura Anillo-Estrella

- Doble Anillo: Anillo entre los NPs y entre los NFs.

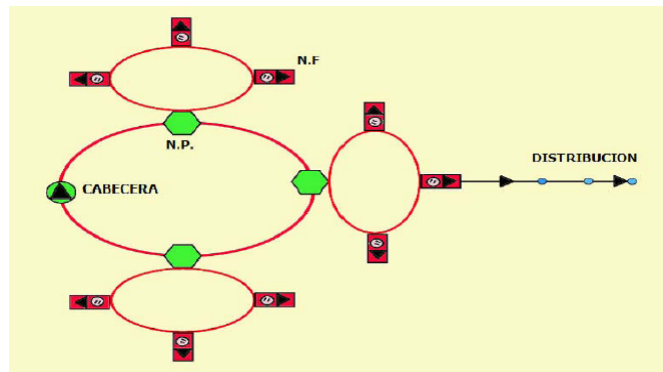


Figura. 3.13. Estructura Doble Anillo

- Anillo – Anillo – Estrella: Introduce el concepto de Nodo Secundario NS, se usa anillo entre NFs y NSs, y estrella entre los NFs.

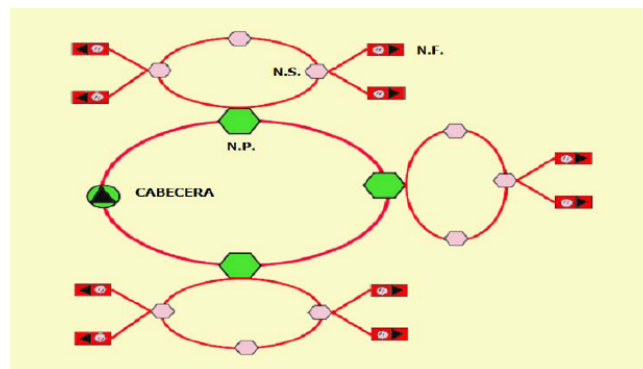


Figura. 3.14. Estructura Anillo-Anillo-Estrella

Cabe destacar que para este diseño se va a utilizar una estructura doble anillo que resulta ser más lógica que física.

4 Criterios generales

1 Red de distribución coaxial.

Los criterios básicos de la estructura de la red de coaxial, básicamente serán los siguientes:

- Estructura de diseño de red: Express Line, que se caracteriza por tener dos tramos diferenciados.
- Amplificador de RF en cascada (Max. 3).
- Tramos de Red Coaxial que agrupen entre 100 y 200 usuarios (Dependerá del análisis de de los servicios de Datos, que se proyecten para la red).
- Ancho de Banda desde 5MHz a 860MHz (1GHz).
- Cable sugerido .500 o mejores.
- Amplificadores necesitan módulo de retorno.
- Servicio balanceado para cada rama del NOE (Receptor Óptico).
- Telealimentación de equipos activos a través de la red RF.
- Instalación de TAPs (Derivadores) y CTPs en la misma ubicación.
- Canal de retorno o ascendente 5 a 65 Mhz.
- Señales analógicas en vía descendente 86 a 550 Mhz.
- Señales digitales en vía descendente 606 a 860 Mhz.

El disponer de un canal de retorno permitirá que el usuario pueda transmitir señales hacia la cabecera (canal ascendente), es decir, será posible seleccionar el tipo de programación de TV, vídeo y lo que es más importante, poder transmitir datos a gran velocidad aprovechando la tecnología de los módems de cable.

Un módem de cable típico tiene las siguientes características:

- Es asimétrico. Recibe datos a velocidades de hasta 30Mbps y transmite hasta 10 Mbps (valores normales son 10 Mbps para descendente y 1 Mbps para ascendente, aunque es bastante frecuente que sean menores).
- Se conecta a la red HFC mediante un conector de cable coaxial tipo F, y al PC del abonado a través de una tarjeta Ethernet 10/100BaseT o puerto USB.

- La recepción de datos se realiza por un canal de entre 6 y 8 Mhz del espectro descendente (entre 86 y 860 Mhz) con modulación digital 64-QAM. El módem de cable demodula la señal recibida y encapsula el flujo de bits en paquetes Ethernet. El PC del abonado ve la red HFC como una enorme red local Ethernet.

En sentido ascendente, el módem de cable descompone los paquetes Ethernet que recibe del PC y los convierte en celdas ATM o en tramas con otro formato propietario. Utiliza un canal de unos 2 Mhz del espectro de retorno (entre 5 y 65 Mhz) con modulación digital QPSK.

Suele disponer de un sistema FAMM (Frequency Agile MultiMode), que le permite conmutar de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones de manera automática, de acuerdo con las órdenes del equipo de cabecera.

El canal de retorno comprende desde el interfaz de los equipos del usuario (Set Top Box) hasta la entrada del transmisor de retorno de los nodos finales.

En la Figura.3.15 se muestra la red de distribución coaxial.

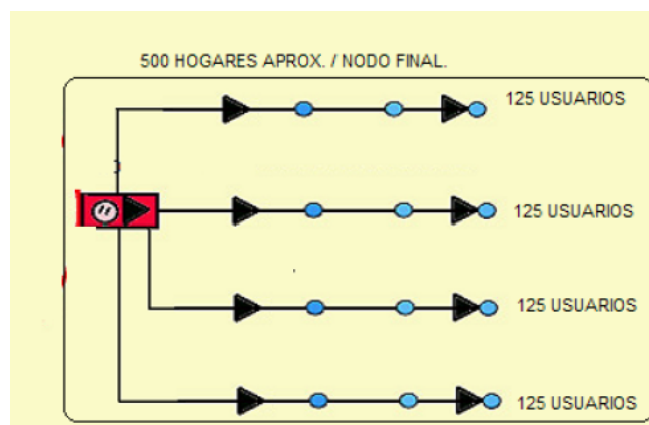


Figura. 3.15. Red de distribución coaxial

Un problema que presenta la estructura arborescente típica de la red de distribución en una red HFC es que, así como todas las señales útiles ascendentes convergen en un único punto (nodo óptico), también las señales indeseadas, ruido e interferencias, recogidas en todos y cada uno de los puntos del bus de coaxial, convergen en el nodo, sumándose sus potencias y contribuyendo a la degradación de la relación señal a ruido en el enlace digital de retorno.

Este fenómeno se conoce como acumulación de ruido por efecto embudo (noise funneling). A esto hay que añadir el hecho inevitable de que el espectro del canal de retorno es considerablemente más ruidoso que el del canal descendente, sobre todo su parte más baja, entre 5 y 15-20 Mhz.

2 Red Troncal Final de Fibra Óptica.

Los ramales de la Red de distribución Coaxial se concentran en el Nodo Óptico Final, en grupos típicamente de 4.

Se forman grupos de 4 Nodos Finales, enlazados a través de un cable de FO de mínimo 8 hilos, con estructura de anillo para tener redundancia en trayectoria.

Los anillos de la Red Troncal Final abarcarán áreas entre 1600 y 3200 abonados aproximadamente. Se requiere que a cada NF lleguen 4 hilos de FO, dos para Tx con respaldo y dos para Rx con respaldo.

En la Figura.3.16 se muestra un esquema de la red troncal final de fibra óptica acoplada a la red de distribución coaxial.

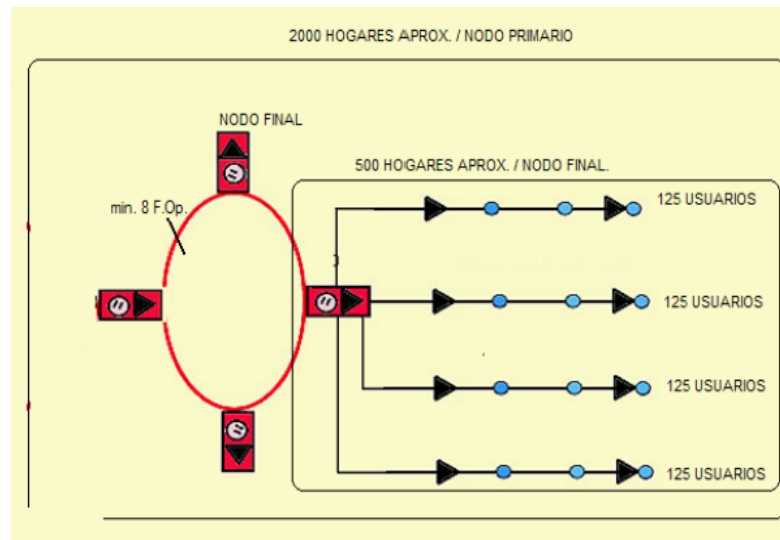


Figura. 3.16. Red Troncal final de fibra óptica

3 Red Troncal Primaria De Fibra Óptica.

Se forman grupos de entre 4 y 6 Anillos Finales, y en un Punto de estos anillos se instala una caja de empalmes que permitirá distribuir y concentrar las fibras que alimentan estos anillos (generalmente la caja de empalmes coincide con la ubicación de un NF). A esta caja de empalmes se la denomina Nodo Primario.

En este caso el Nodo Primario no es un elemento Activo dentro de la Red, pero a medida de que crece la red estos NP pasarán a ser Nodos Secundarios, y los Nodos Primarios concentrarán Anillos Secundarios. Por lo que éste Nodo Primario será ya un elemento activo que concentre el tráfico de los anillos secundarios en pocos hilos de fibra, a través de técnicas de Multiplexación Óptica como por ejemplo CWDM (Coarse Wave Division Multiplexing) ó DWDM (Dense Wave Division Multiplexing).

En la Figura.3.17 se muestra un esquema de la red troncal primaria de FO acoplada a las dos anteriores redes mencionadas.

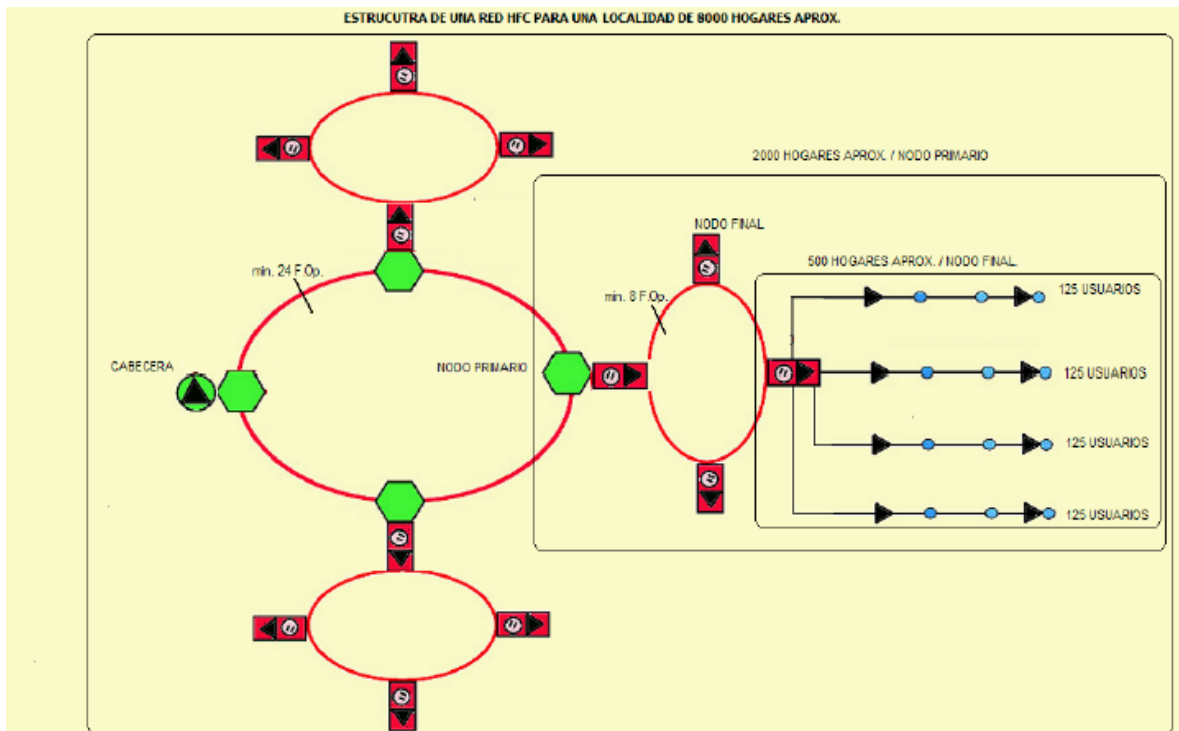


Figura. 3.17. Red Troncal Primaria de Fibra Óptica

5 Diseño de un enlace óptico

Primeramente, se determina la arquitectura del enlace con base en la ubicación de las poblaciones de interés, el tamaño de las mismas, la penetración esperada y los servicios que se pretendan ofrecer ya mencionados anteriormente.

Para calcular un enlace óptico se utilizan las pérdidas que experimenta la señal al viajar por la fibra, por los conectores, por fusiones y por cualquier otro

dispositivo. Con base en la atenuación total se calcula la *potencia óptima* de transmisión.

El cálculo de la potencia del transmisor permite garantizar la llegada de un nivel de 0 dBm (cero decibeles referidos a 1 miliwatt) a la entrada de cada uno de los receptores ópticos. Este valor permitirá a su vez obtener el valor de los acopladores ópticos necesarios para distribuir la señal en las diferentes rutas.

Para que quede claro cómo se debe diseñar un enlace óptico vamos a ver los siguientes ejemplos:

1 Ejemplo 1

Considere el caso de la Figura. 3.18.



Figura. 3.18. Enlace de dos puntos

Para conocer la pérdida total de señal a través de la ruta y calcular el valor de la potencia del transmisor, se debe conocer primero la *atenuación* de la fibra por unidad de distancia.

La pérdida de luz en una fibra óptica es muy pequeña como se puede apreciar en la Figura. 3.19. Las dos longitudes de onda utilizadas en la fibra son 1310 nm y 1550 nm. A una longitud de onda (λ) de 1310 nm la atenuación típica es de 0.35 dB/km , mientras que para 1550 nm es de 0.25 dB/km .

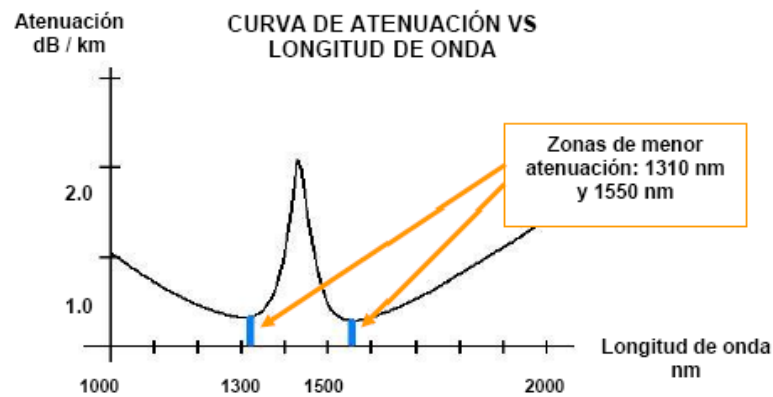


Figura. 3.19. Curva de atenuación en la fibra óptica

No hay que olvidar de considerar la pérdida extra por catenaria y por las reservas de fibra. Para el cálculo se recomienda agregar un *10% extra de la distancia* en la ruta por catenaria y reservas de fibra.

Una vez que haya considerado todos estos factores, con el valor de la pérdida típica por kilómetro de la fibra (dependiendo de la longitud de onda), efectúe el cálculo de la pérdida total de la ruta. Suponiendo que la distancia A es de 12 km, a 1310 nm se tiene:

Pérdida total por fibra = [distancia A (km) +10% distancia A (km)] x [atenuación (dB/km)]

Pérdida total por fibra = $[A + 0.1(A)] \times (0.35)$

Pérdida total por fibra = $[12 + 0.1(12)] \times (0.35)$

Pérdida total por fibra = 4.242 dB

Al resultado de la pérdida total por fibra (en este caso 4.242 dB) se le debe sumar la pérdida por *conectores y empalmes*. Para este cálculo se considerará 0.05 dB por cada conector y 0.25 dB por cada fusión. Sin embargo, estos valores son una aproximación, por lo tanto, se sugiere utilizar el valor indicado por cada fabricante en las hojas de especificaciones.

Cada enlace puede ser diferente debido al número de conectores y/o fusiones que tiene. Generalmente se necesitan varias fusiones a lo largo de la ruta y conectores en el transmisor, receptor y en otros equipos.

Para este ejemplo suponemos que hay 2 conectores y 4 fusiones como se muestra en la figura. 3.20.

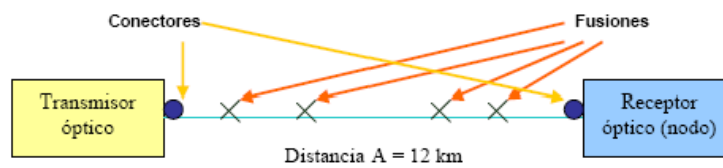


Figura. 3.20. Enlace con fusiones y conectores

Siguiendo con el cálculo del enlace se tiene:

Pérdida total por conectores = $0.25 \times 2 = 0.5$ dB

Pérdida total por fusiones = $0.05 \times 4 = 0.2$ dB

Con los datos anteriores se calcula la pérdida total:

Pérdida total = Pérdida total por fibra (dB) + Pérdida total por conectores (dB) + Pérdida Total por fusiones (dB)

Pérdida total = $4.242 + 0.5 + 0.2 = 4.942$ dB.

Ahora, se hace la conversión de dB a mW mediante la fórmula:

Por lo tanto, la potencia requerida del transmisor para el caso del ejemplo 1 sería de 3.12 mW.

Se recomienda seleccionar un transmisor óptico con un valor comercial ligeramente mayor al valor teórico (redondeo hacia arriba) para garantizar un nivel de 0 dBm a la entrada del receptor óptico. Si se excede por mucho el valor, entonces probablemente será necesario colocar un atenuador óptico a la entrada del receptor para ajustar el valor. Considerando que para este ejemplo se elige un transmisor con salida óptica de 5 dBm, se tiene:

Nivel de entrada en el receptor = Potencia del transmisor – Pérdida total

$$\text{Nivel de entrada en el receptor} = 5 - 4.942 = 0.058 \text{ dBm}$$

Es importante tener cuidado con las unidades al efectuar las operaciones. Se debe trabajar con las mismas unidades en la potencia del transmisor y en la pérdida total (decibeles o milliwatts). Si la potencia del transmisor se especifica en mW, se efectúa la conversión a dBm con la fórmula:

2 Ejemplo 2

Ahora bien, suponiendo que para el ejemplo anterior hubiera otra población a la cual también se quiere llevar servicio como se muestra en la Figura. 3.21, se debe calcular el valor de un *acoplador óptico*. Un divisor o acoplador óptico tiene la función de canalizar un porcentaje de la potencia óptica total del transmisor en dos o más ramificaciones. Existen divisores o acopladores ópticos de dos, tres o cuatro salidas.

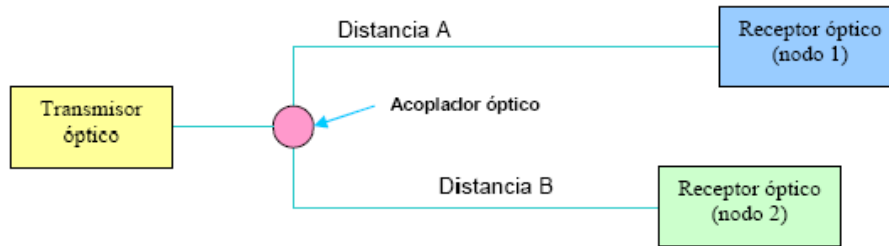


Figura. 3.21. Enlace óptico de dos poblaciones

Para el caso de este ejemplo se necesita un acoplador óptico de 2 salidas. Para la ruta B se realiza el mismo procedimiento de la ruta A para calcular el valor de la pérdida total.

Los datos de la ruta B son:

- Distancia = 10 km
- No. de conectores = 2
- No. de fusiones = 4

Por lo tanto se tiene:

Pérdida total por fibra = [distancia B (km) +10% distancia B (km)] x [atenuación (dB/km)]

Pérdida total por fibra = $[B + 0.1(B)] \times (0.35)$

Pérdida total por fibra = $[10 + 0.1(10)] \times (0.35)$

Pérdida total por fibra = 3.535 dB

Pérdida total por conectores = $0.25 \times 2 = 0.5$ dB

Pérdida total por fusiones = $0.05 \times 4 = 0.2$ dB

Pérdida total = Pérdida total por fibra (dB) + Pérdida total por conectores (dB) + Pérdida Total por fusiones (dB)

Pérdida total = $3.535 + 0.5 + 0.2 = 4.235$ dB.

Una vez que se tenga el valor de la pérdida total de la ruta B en decibeles y en miliwatts (para este ejemplo 2.65 mW) se debe sumar con el de la ruta A. Sin embargo, antes de esa operación se debe considerar otro detalle: agregar el valor de la pérdida por fusión (la del acoplador óptico) para la ruta A.

Simplemente se suma la pérdida ocasionada por la fusión extra de la ruta A (en decibeles):

Pérdida total de la ruta A con acoplador = Pérdida total (dB) + Pérdida de la fusión (dB)

Pérdida total = 4.942 + 0.05 = 4.992 dB

Ahora, se hace la conversión de dB a mW:

Por lo tanto, se tiene:

Potencia necesaria para la ruta A: 3.16 mW

Potencia necesaria para la ruta B: 2.65 mW

Una vez que se tengan las potencias necesarias para la ruta A y B se procede a calcular el valor de la potencia óptica del transmisor:

Potencia óptica del transmisor = 3.16 + 2.65 = 5.81 mW

Por lo tanto, la potencia total del transmisor deberá ser de 5.81 mW; es mejor elegir un transmisor que exceda ligeramente el valor teórico y ajustar el nivel de entrada a los receptores ópticos mediante un *atenuador óptico*.

Con el valor de la potencia óptica del transmisor y de las pérdidas de la ruta A y B se calculan el valor del acoplador óptico. Para ello, únicamente se calcula qué porcentaje de la potencia del transmisor se debe destinar a cada rama y, con base en este resultado, se selecciona un acoplador óptico de las hojas de especificaciones del fabricante.

Es muy importante hacer la conversión de la pérdida total en cada rama de decibeles a miliwatts. Esto es indispensable ya que los decibeles son unidades logarítmicas y para obtener el porcentaje de pérdida en cada rama es necesario trabajar con unidades lineales (miliwatts).

Para conocer el valor del acoplador óptico simplemente se hace un cálculo aritmético (regla de tres):

$$\begin{array}{ll} 5.81 \text{ mW} & 100\% \\ 3.16 \text{ mW} & x \\ X = 54.38\% & \end{array}$$

O bien:

$$\begin{array}{ll} 5.81 \text{ mW} & 100\% \\ 2.65 \text{ mW} & y \\ y = 45.61\% & \end{array}$$

Con estos porcentajes se sabe que se requiere un acoplador óptico que separe 45% de la potencia del transmisor óptico en un sentido y 55% en el otro. Es decir, el 45% de la potencia total viajará en la ruta más corta y el 55% se destina a la ruta más larga.

El último paso consiste en buscar en las tablas de especificaciones el acoplador óptico que mejor se ajuste a dicho porcentaje.

Si se requiere dividir la potencia del transmisor óptico para más de dos rutas, se pueden emplear divisores ópticos con mayor número de salidas. Estos dispositivos cuentan con dos, tres o cuatro salidas con incrementos de 5% por lo regular.

6 Red HFC Multiservicios

La red de cable está diseñada a 450 MHz, conviene emprender una reestructuración total y seguramente definir una nueva arquitectura para la red de transporte. La nueva definición de la arquitectura también es conveniente en redes que operan a 550 MHz o mayor frecuencia porque con la introducción de nuevos servicios como el acceso a Internet, aumenta de manera considerable el tráfico en la red. Y si en un futuro se piensa introducir servicios que requieren mayor confiabilidad como la telefonía, entonces no debe dudarse en adoptar una arquitectura híbrida HFC (fibra-coaxial).

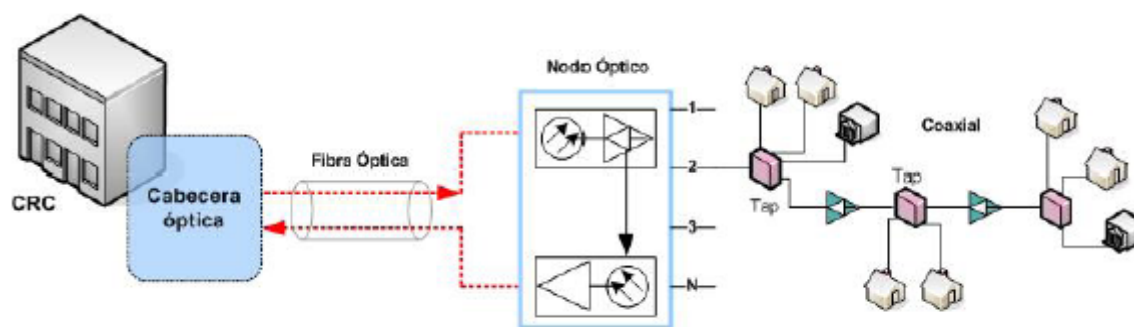


Figura. 3.22. Arquitectura HFC

La Figura. 3.22 muestra cómo la arquitectura HFC combina el tendido de cable coaxial tradicional con enlaces de fibra óptica para la transmisión de la señal en el sentido descendente y en el retorno.

Su justificación yace en el constante aumento de tráfico que experimentará la red de cable con la introducción de nuevos servicios de dos vías, en la mejora de la confiabilidad de la red para servicios que requieren la menor cantidad posible de interrupciones, en la división de la red para una mejor administración del ancho de banda del retorno, en el transporte de las señales hasta puntos muy alejados del CRC de la red y en la creación de diferentes paquetes de programación de televisión para diferentes poblaciones, entre otros.

Bajo este nuevo esquema, la red de cable se divide en pequeños nodos. Cada nodo consta de un número proporcional del total de suscriptores de la red. Por ejemplo, si la red tiene 2000 suscriptores y se segmenta en cuatro nodos, cada uno manejará el tráfico de 500 suscriptores. La segmentación se calcula con base en el número total de suscriptores y en su distribución a lo largo de la red de cable, sin perder de vista el crecimiento esperado para los próximos años y las posibles extensiones a regiones lejanas. De esta manera, en lugar de repartir la banda de retorno entre dos mil suscriptores, al segmentar la red, cada nodo compartirá la misma banda entre 500 usuarios.

La arquitectura HFC introduce equipo óptico para la transmisión de la señal de video y datos desde el CRC hacia los receptores ópticos alojados en cada uno de los nodos de la red. En el sentido contrario, a cada nodo llegará, vía RF, en la banda de retorno, el tráfico de datos proveniente de todos los usuarios de ese segmento de red, donde se hará la conversión a señal óptica para transportarla hacia su respectivo receptor óptico en el CRC del sistema.

Un nodo óptico, en términos generales, es un equipo que convierte la señal óptica en RF, y viceversa; hace la conversión en el sentido descendente y, con la inserción de un kit, también lo hace con el retorno.

Esta arquitectura también requiere balancear el nivel de las señales ópticas en los nodos, receptores y transmisores del CRC, así como detectar ruido generado por empalmes defectuosos y conectores ópticos sucios, entre otros.

Actualmente la empresa Green Tv cuenta con aproximadamente 2500 suscriptores, la red se segmentará en 5 nodos finales para que cada uno maneje el tráfico de 500 suscriptores. En la Figura. 3.23 se observa el diseño lógico de la nueva red.



Figura. 3.23. Diseño lógico de la red HFC para 2500 suscriptores

Quedando el diseño físico de la siguiente manera:



Figura. 3.24. Diseño físico de la red HFC

Ver Anexo 3

La carta de la red HFC se la muestra en el Anexo 3 donde se observa el mapa de la ciudad de Esmeraldas con la red HFC que se ha diseñado para la empresa Green Tv con sus respectivos elementos, igualmente para este diseño se basó en el Anexo 2.

Pero como la red va creciendo, el diseño propuesto es para 12000 suscriptores, entonces la red se segmentará en 6 nodos primarios, los cuales a la vez en 4 nodos finales dando un total de 24 nodos finales para que cada uno maneje el tráfico de 500 suscriptores como se muestra en la Figura 3.25.

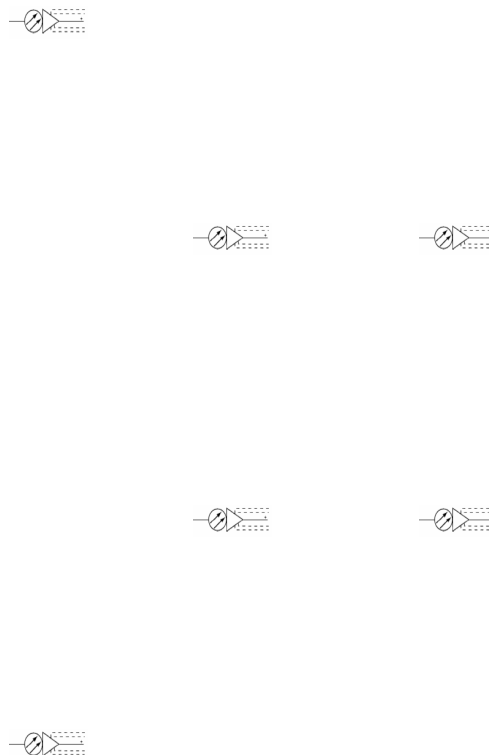


Figura. 3.25. Diseño Lógico de la red HFC para 12000 suscriptores

6 INFRAESTRUCTURA

1 Panorama general

Las etapas a seguir para la implantación del servicio de acceso a Internet en una red de cable inicialmente comprenden el análisis de cuestiones económicas para determinar la inversión inicial en la solución total, así como la forma de comercializar el servicio para lograr una rápida aceptación entre los suscriptores y que esto redunde en un pronto retorno de la inversión.

Posteriormente se contempla la habilitación del retorno para convertirla en bidireccional y todo lo que esta migración técnica implica: el equipamiento del CRC y la adquisición de cablemódems para los suscriptores, la configuración y administración del sistema y del servicio por personal calificado, así como las alternativas de acceso a Internet para el operador de cable.

Y simultáneamente a todo lo anterior, deben contemplarse algunos aspectos legales para informar a la SENATEL (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) que la red de cable ofrecerá la transmisión bidireccional de datos, para recibir el permiso después de hacer el respectivo pago de derechos.

2 Bidireccionalidad

Como se observa en la Figura.3.26, en una primera etapa las redes de cable deben tener la capacidad de transmitir en dos vías, ya que los nuevos servicios requieren el envío de información hacia el suscriptor (enlace descendente) y desde el suscriptor hacia el CRC de la red de cable (enlace ascendente).



Esta etapa consiste en reestructurar o complementar la infraestructura de la planta externa de la red de cable para convertirla en una red *bidireccional* de banda ancha.

- Si la red opera a 450 MHz, como es en el caso de la Empresa “Green Tv” habrá que emprender una reestructuración total debido a que los amplificadores empleados no están diseñados para habilitar el retorno, y de paso, seguramente definir una nueva arquitectura para la red de transporte.
- En cambio, si la capacidad de la red es mayor o igual a 550 MHz, se cuenta con suficiente ancho de banda para la implantación de nuevos servicios interactivos y sólo habrá que realizar modificaciones en los amplificadores, insertando los módulos de retorno respectivos.

1 Asignación del espectro en la red de cable.

Se ha designado la banda comprendida entre los 5–40 MHz para el enlace ascendente o comúnmente llamado retorno. Como se ilustra en la Figura.3.27, a partir de los 54 MHz se coloca el primer canal de TV analógica y, dependiendo de la cantidad de señales analógicas ofrecidas, se determina el tope X del enlace descendente. La banda restante se utiliza para transmitir señales digitales, sin exceder la máxima frecuencia que se puede transmitir por la red, indicada en el diagrama con la letra Y.

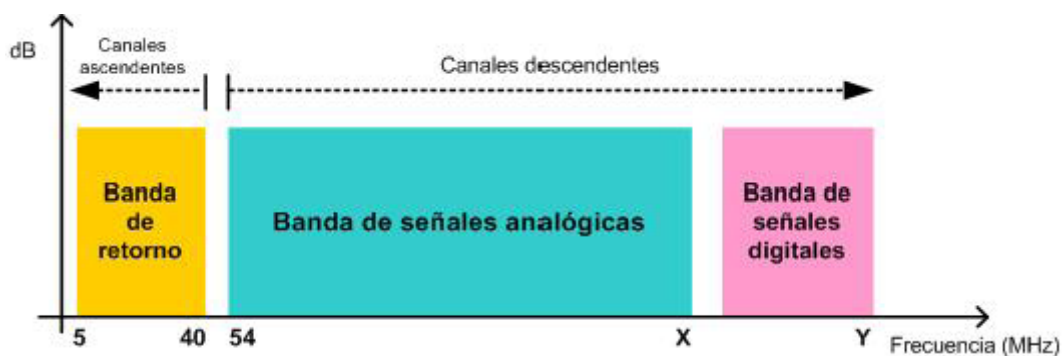


Figura. 3.27. Asignación típica del espectro en la red de cable

2 Balanceo de la Red.

Emprender la migración hacia una red bidireccional para ofrecer nuevos servicios como el acceso a Internet, también requiere de un minucioso balanceo y mantenimiento de la red de cable para manejar determinados niveles de señal en diferentes puntos de la red y garantizar con ello servicios de televisión y datos de excelente calidad.

En términos generales, la segunda etapa del balanceo de la red consiste en medir el nivel en el canal de televisión más bajo y en el más alto de acuerdo con la frecuencia máxima de la red, para determinar la pendiente entre ambas y calcular el ecualizador que generará una respuesta plana en todas las señales del sistema.

Este procedimiento se realiza en todos los activos de la red, tanto para el retorno como para el sentido descendente y conviene referirse al manual de especificaciones proporcionado por el fabricante de los activos empleados, para conocer los pasos a seguir en la medición de niveles, manejo de atenuadores, cálculo de la pendiente, inserción del dispositivo ecualizador y de jumpers, así como el ajuste de diversos controles del equipo. Balancear el sentido descendente no garantiza que el retorno esté balanceado.

3 Localización de ingresos y ruido en la planta externa.

Una vez que la red se encuentra bien balanceada y se ha dado mantenimiento a las imperfecciones encontradas a lo largo de la revisión técnica, es posible comenzar a localizar ingresos y distorsiones en la planta externa. En ambos sentidos, tanto en el sentido descendente como en el retorno, a la señal se le van sumando y amplificando ruidos, distorsiones e interferencias que se

levantan en el camino conforme la señal viaja y se ramifica o concentra, en diversos puntos de la red.

En el retorno las repercusiones de estos efectos son muy importantes, debido a que el ruido se mezcla con la señal de retorno de todos los demás suscriptores y arruina la comunicación en general. La banda de retorno coincide con una zona del espectro ampliamente usada por transmisiones de onda corta, banda civil, transmisión de radio localizadores y algunos dispositivos inalámbricos de uso casero. Estas fuentes de radiación se filtran en la red como 'ingresos' y alteran notablemente la transmisión del retorno.

Para evitar el ingreso de señales, es necesario hacer un riguroso mantenimiento a la planta externa para detectar y corregir fallas. Entre ellas se encuentran:

Tabla. 3.3. Mantenimiento Planta Externa

Reemplazar cables rotos, viejos o corroídos. Evitar el uso de cable coaxial roto, viejo o deformado	Considerar el ingreso por televisiones de baja calidad con baja pérdida de retorno
Ajustar bien los conectores, eliminar conectores mal instalados y colocar las respectivas mangas termo contráctiles	Sellar correctamente los amplificadores y eliminar amplificadores ruidosos, de baja calidad, dañados o corroídos
Aterrizar las acometidas y corregir tierras mal colocadas	Sustituir cables de acometida de bajo aislamiento
Evitar que el suscriptor instale conectores o divisores adicionales de baja calidad y mal instalados	Colocar terminadores de 75Ω en <i>taps</i> , divisores y acopladores direccionales para que no capten e ingresen ruido

Sustituir fuentes de voltaje dañadas	Corregir ruidos en enlaces ópticos
--------------------------------------	------------------------------------

La mejor manera de corregir el problema de ruido e ingresos consiste en seccionar la planta externa hasta determinar la porción mínima de la misma en donde se origina el problema para corregirlo puntualmente. También se sugiere medir el ruido acumulado en cada ramal para distinguir cuál contribuye más al ruido total del retorno. El proceso puede ser largo y confuso debido a que los ingresos se van sumando a lo largo del retorno; por esta razón no resulta sencilla su localización.

3 Equipamiento del CRC (Centro de Recepción y Control)

DOCSIS establece el siguiente equipo en el CRC de la red de cable:

1 CMTS.

(Cable Modem Termination System o Sistema de Terminación de Cablemódems) que controla el acceso de los cablemódems y administra el ancho de banda asignado a cada uno de ellos.

En el mercado existen diferentes modelos y cada uno confiere determinadas ventajas operativas dependiendo de las necesidades de cada operador de cable. Actualmente, las más comunes son las marcas CISCO, con sus modelos UBR, y Arris, con sus modelos Cadant. Algunos de estos equipos se muestran en la Figura.3.28.



Figura. 3. 28. Diferentes modelos de CMTS

Las características que diferencian a un CMTS son los distintos anchos de banda y el tipo de modulaciones digitales que maneja, el número de puertos ascendentes (upstream) por canales descendentes (downstream), número de puertos E1, número máximo de cablemódems que administra, número de interfaces Ethernet y la versión de DOCSIS a la cual opera, entre otros. La Figura.3.29 muestra tan sólo algunas de estas especificaciones para un CMTS Cadant C3 de Arris.

Specifications

RF	Frequency Range (MHz)	86-860
Downstream:	Modulation	64 or 256 (1024 QAM in future)
	Data Rate (Mbps) (max.)	30-53.6
	RF Output Level (dBmV)	+45 to +61
RF Upstream:	Frequency Range (MHz)	5-42 (DOCSIS)
	Modulation	5-55; 5-65 (Euro-DOCSIS)
	Data Rate (Mbps) (max.)	5, 12-30, 72
	RF Receive Level (dBmV)	-20 to +28
Installation Environment:	RF Interfaces	External F type connector
	Network interface	Dual RJ-45 Ethernet connections
	Network-side interfaces	10/100/1000 BaseT Ethernet

RF	Frequency Range (MHz)	91-857 (DOCSIS 2.0);
Downstream:		100-860 (Euro-DOCSIS 2.0)
	Modulation (QAM)	64, 256
	Data Rate (Mbps) (max.)	30 to 55.6
	RF Output Level (dBmV)	45 to 61
RF Upstream:	Frequency Range (MHz)	5-42 (DOCSIS 2.0)
		5-55; 5-65 (Euro-DOCSIS)
	Modulation	QPSK, 8, 16, 32, 64 QAM
	RF Input Receive Level (dBmV)	-16 to +29
Installation Environment:	RF Interfaces	External F type connector
	Network interface	Dual RJ-45 Ethernet connections
	Network-side interfaces	10/100 BaseT Ethernet, Gigabit Ethernet

Figura. 3. 29. Especificaciones del CMTS Cadant C3 de Arris

2 Servidores de respaldo ('back office').

Son necesarios para establecer comunicación y para definir y administrar los servicios que se le proporcionará a cada usuario. Indispensables los siguientes tres:

Tabla. 3. 4 Servidores de respaldo

	Servidores de Respaldo	Función
1	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)	Asignación dinámica de las direcciones IP a los cablemódems
2	ToD (Time of Date)	Registro de eventos con hora y fecha para reportes estadísticos. (Opcional en versiones 2.0 y mayores).
3	TFTP (Trivial File Transfer Protocol)	Envío de archivos de configuración a los cablemódems

Otros servidores no especificados como el DNS (Domain Name Server) para establecer relación entre el nombre del terminal y su respectiva dirección IP, el de

memoria cache, correo electrónico, portal Web o interfaces de facturación, se agregan al sistema según sus requerimientos, para mejorar el desempeño de la red o conferirle valor agregado a la plataforma. La Figura.3.30 muestra con detalle el equipamiento requerido en el CRC, según lo indica la especificación DOCSIS.

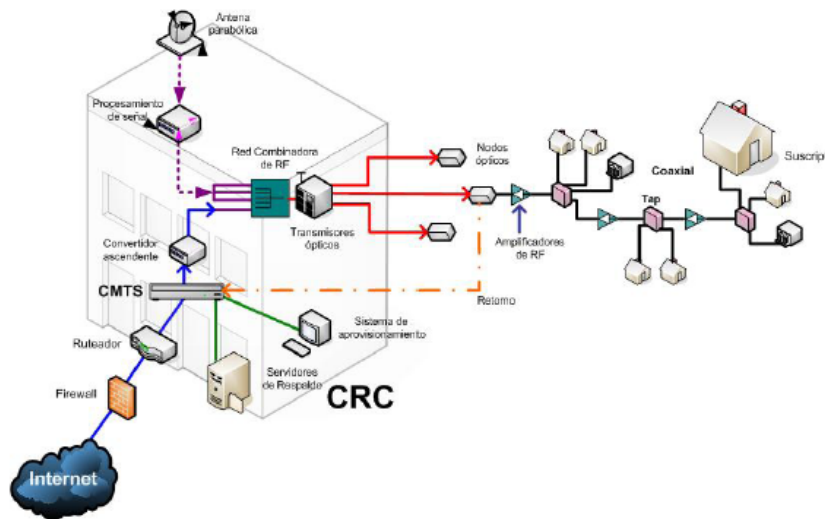


Figura. 3.30. Equipamiento del CRC según especificación DOCSIS

Adicionalmente, el CRC de la red de cable requiere los siguientes elementos:

Tabla. 3.5. Elementos en un CRC

Elemento	Función
Sistema de aprovisionamiento	Dar de alta los cablemódems y configurar el servicio de acceso a Internet de cada suscriptor
Enlace dedicado de banda ancha	Enlace de acceso a Internet para el operador de cable. Por lo general, mínimo de 2 Mbps.

Ruteador	Dispositivo de red para establecer comunicación entre la Internet y los equipos de usuario de la red de cable (puede estar integrado en el CMTS).
Switch	Dispositivo de interconexión de todos los elementos de la red local con el CMTS.
Firewall	Dispositivo que protege la red interna de cualquier atentado informático proveniente del exterior vía la Internet.

Cabe mencionar que la versión DOCSIS 1.0 llamada '*Best Effort*' (mejor esfuerzo) no cuenta con calidad de servicio (QoS) y a estas fechas, ya resulta obsoleta. La 1.1 cuenta con calidad de servicio y nivel de seguridad, pero los proveedores tecnológicos han concluido su producción para pasar a la versión más reciente, la 2.0, con más funcionalidades y reserva de ancho de banda para establecer llamadas telefónicas por IP.

4 Equipamiento en las instalaciones del usuario

Adicionalmente al CMTS dispuesto en el CRC de la red de cable, DOCSIS establece la instalación de cablemódems en el sitio del suscriptor, como se observa en la Figura.3.31. El cablemódem es un dispositivo que hace la modulación/demodulación de los datos provenientes de la computadora y establece comunicación con el CMTS para el envío/recepción de paquetes de información.

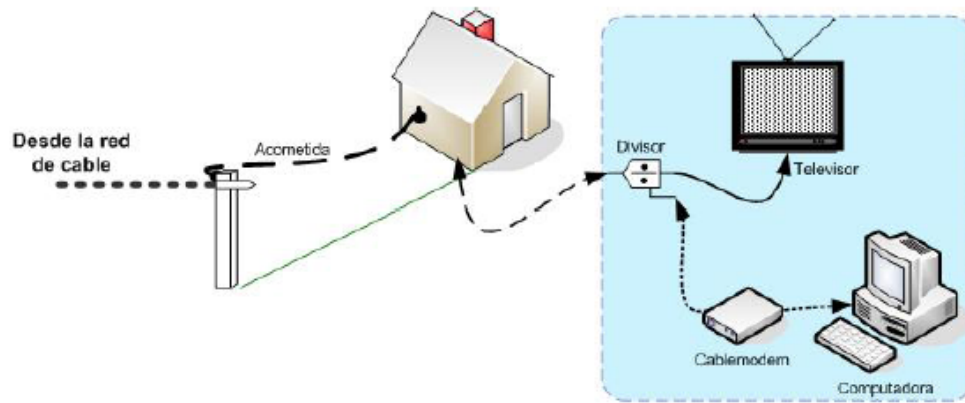


Figura. 3.31. Equipamiento de cablemódem en las instalaciones del usuario

Con el CMTS colocado en el CRC de la red de cable se administran estos dispositivos, su ancho de banda y el tipo de servicios que se le han asignado en el sistema. Asimismo, el CMTS permite que los cablemódems accedan a Internet a través de un ruteador y diversos servidores que facilitan esta operación.

El cable coaxial proveniente de la acometida se distribuye con un divisor hacia el receptor de televisión y hacia el cablemódem, como se ilustra en la Figura.3.32. Este último recibe datos en la banda digital y envía en la banda de retorno. Su elección depende del tipo y versión del CMTS adquirido.

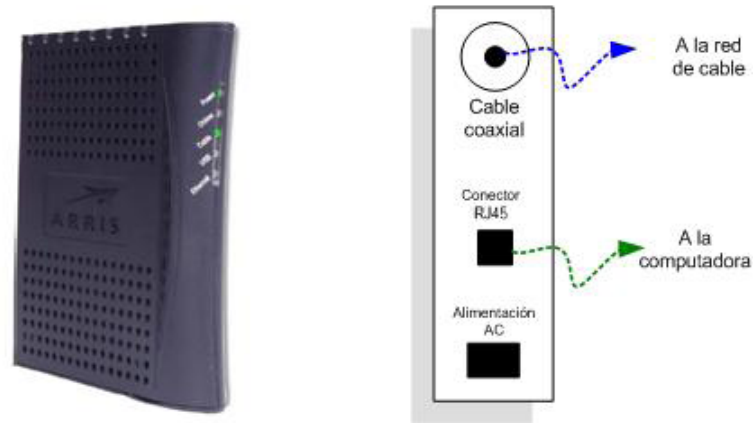


Figura. 3.32. Vista frontal y posterior de un cablemódem

7 ACCESO A INTERNET

Para ofrecer el servicio de transmisión de datos al suscriptor, la red de cable deberá contar con un acceso dedicado a Internet de por lo menos 2 Mbps. Esta tasa depende del número de suscriptores, así como del ancho de banda consumido y proyectado a corto plazo.

Las opciones viables dependen de la región en la que se encuentre la red de cable y la disponibilidad del servicio por parte de compañías telefónicas o proveedores de acceso a Internet. Entre las opciones se encuentra la contratación de un enlace dedicado E1 (2.048 Mbps), una conexión xDSL mayor a 1 Mbps o un acceso satelital.

CAPITULO 4

ASPECTOS VARIOS

1 RECURSOS HUMANOS

La introducción de nuevos servicios digitales y del acceso a Internet no sólo implica el equipamiento de la red de cable y la posible reestructuración de la planta externa. También requiere de personal calificado para hacer la instalación del nuevo equipo, la implantación del proyecto, así como su configuración y posterior administración del sistema.

El personal, además de contar con conocimientos firmes en radiofrecuencia y redes de cable, también deberá saber de redes de datos y sistemas para realizar la compleja configuración del sistema. Deberá hacerse un análisis apropiado sobre la conveniencia de capacitar a personal existente o de contratar a nuevo personal calificado.

Con este propósito, se contempla que el personal humano especialmente el Departamento Técnico de la empresa Green Tv siga un Plan Integral de Capacitación; es decir algunos cursos al respecto, como Redes Bidireccionales, Redes de Datos, DOCSIS y Servicios Digitales, para ofrecer un nuevo conocimiento que requiere la base técnica de las redes de cable.

4.2 CONFIGURACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SERVICIO

El éxito en la configuración del sistema radica en cuán fiable es la planta externa de la red de cable. Si se procede a hacer las reestructuraciones físicas

necesarias y un profundo mantenimiento correctivo, la configuración del sistema enfrentará un mínimo número de contratiempos ocasionados por ingresos y pérdidas de señal en el cableado de la red.

La configuración del sistema consiste en encontrar y asignar las frecuencias para el canal descendente y el retorno, que presenten mejor desempeño en la red de cable. Por lo general, se determina la frecuencia de 36-39 MHz para el enlace ascendente, mientras que para el descendente, varía dependiendo de la cantidad de canales analógicos y digitales que aloja el sistema en su espectro. Vale la pena recordar que, sobre todo para el retorno, es conveniente conocer cuál es la banda del espectro más contaminada para alejarse de ella y centrarse en una menos vulnerable.

Adicionalmente, se verifican los niveles de las señales tanto en el CMTS como en los cablemódems. Si estos últimos no detectan una señal portadora con suficiente potencia, no podrán 'amarrarse' al CMTS para establecer comunicación con el mismo.

El fabricante de ambos equipos establece los niveles de salida y entrada mínimos para el buen desempeño del sistema. Por ejemplo, un CMTS maneja un nivel de salida entre 48-58 dBmV para el canal descendente y recibe en el retorno con un umbral de ± 1 dBmV. Los cablemódems, por su parte, manejan diferentes niveles dependiendo del tipo de modulación digital empleada: reciben entre -13 a +15 dBmV y transmiten con 8-54 dBmV. Es importante resaltar que, mientras más compleja sea la técnica de modulación empleada, más vulnerable será el cablemodem al ruido en el sistema y requerirá mayores niveles de potencia en la portadora para garantizar un buen desempeño en la comunicación.

Paralelamente, se establece conexión con Internet a través del enlace dedicado y se determinan diferentes tasas de transmisión para ofrecer paquetes

alternativos a los suscriptores. Se configura el CMTS con estos y otros parámetros como las máximas tasas de transmisión del canal descendente y del

retorno, clases de servicio, número máximo reconocible de direcciones MAC [3], nivel de seguridad de la red y análisis de tráfico para reserva de ancho de banda (en caso de operar la telefonía IP), entre otros.

Asimismo, se configuran los servidores para la asignación dinámica de direcciones IP a los cablemódems, el envío de archivos de configuración a los mismos, y el registro de eventos con fines estadísticos, históricos y de sincronización. Esta configuración debe realizarse por expertos en el área para no sólo garantizar el funcionamiento óptimo, sino además resolver los posibles problemas que se presenten en la implantación del proyecto, tanto en algún sector de la red de cable como la planta externa o el CRC, o relacionado con una cuestión de sistemas.

También se procede a levantar el sistema de aprovisionamiento para dar de alta los cablemódems y establecer una interfaz con el sistema de facturación de la red de cable. Este paso es determinante porque las acciones emprendidas en cualquiera de estas dos áreas se reflejarán mutuamente; es decir, el dar de alta suscriptores, equipos y servicios, se manifestará fielmente en el sistema de facturación del sistema, y viceversa.

Durante y después de realizar la compleja configuración de la red bidireccional de datos, lo que resta es hacer pruebas para detectar posibles fallas y eliminarlas hasta que la operación del sistema sea el esperado. A partir de este momento, el operador de cable delegará toda la responsabilidad sobre su personal técnico, razón por la cual conviene contar con ingenieros especializados tanto en redes de cable como en el funcionamiento de este tipo de tecnologías.

La siguiente etapa consistirá en monitorear continuamente el desempeño de la red para darle un alto nivel de confiabilidad. Para ello, es necesario contar con equipo de medición con funcionalidades digitales, como el que se muestra en las Figuras. 4.1 y 4.2.

[3] Dirección del equipo que identifica de manera única a cada dispositivo en la red. MAC son las siglas en inglés de *Media Access Control* y se refiere al control que realiza este dispositivo para tener acceso al medio de transmisión de la red.

Sunrise cuenta con equipo de medición CATV como el AT2500RQv de 1.5 GHz, QAM y capacidades de video, así como medidores de campo CM100, 250 y 500 para mediciones analógicas y digitales.



Figura. 4.1. Equipo de medición de Sunrise AT2500RQv y CM100, 250 y 500, respectivamente

Acterna, por su parte, ofrece el analizador de redes HFC SDA-5000 para medir señales digitales y analógicas en redes de banda ancha.



Figura. 4.2. Equipo de medición de Acterna HFC SDA-5000

3 ASPECTOS REGULATORIOS

En esta sección se deben presentar los aspectos legales que el operador de cable, en este caso la empresa Green Tv en Esmeraldas debe analizar durante la planeación y modificación de su red de cable para ofrecer el servicio de acceso a Internet.

La legislación de Telecomunicaciones del país tiene las siguientes deficiencias:

- No ofrece la seguridad jurídica necesaria para llevar a cabo los procesos de modernización, lo que genera resistencia en los potenciales inversionistas.
- Está orientada a los servicios e imposibilita la reglamentación de redes.

La definición de los servicios es muy limitada, no contempla los servicios de valor agregado, entre los que se incluye Internet, de gran importancia en la actualidad.

No permite una gestión adecuada del uso del espectro radioeléctrico, en función del desarrollo tecnológico actual, las bandas de frecuencias solo pueden usarse en los servicios para los cuales fueron asignadas, provocando conflictos de competencia entre CONATEL Y CONARTEL.

A fin de hacer realidad la convergencia de los servicios de telecomunicaciones, la Ley Especial de Telecomunicaciones, su Reglamento General y la normativa de menor jerarquía deberán reformarse para que responda entre otros a los siguientes enfoques:

- No puede ser estática, la ley debe contemplar el adelanto tecnológico, el desarrollo del país y favorecer a los usuarios para que puedan recibir una mayor cantidad de servicios de calidad.
- Debe eliminar la diferenciación de servicios y referirse únicamente a “servicios de telecomunicaciones” en general.
- Otorgar licencias múltiples a los operadores, para que conforme a sus capacidades presten los servicios que la red permita.
- Establecer como objetivo del Estado el promover la convergencia de los servicios de telecomunicaciones.
- Generar competencia entre operadores.
- Desarrollar los principios de multiplicidad de redes, apertura a la inversión, uso eficiente del Espectro Radioeléctrico y agilidad en el otorgamiento de títulos habilitantes.
- Deberá respetar los Acuerdos internacionales suscritos por el Estado Ecuatoriano.
- La estructura organizacional del Estado relacionada con el sector debe actualizarse a esta nueva realidad.
- Se debería pasar del fundamento de Regulación de Servicios a Regulación de Redes.

4 ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS

Se sugiere la adquisición del equipamiento como parte de una solución completa en la que el proveedor tecnológico no sólo proporciona el equipo, sino que adicionalmente realiza la pre-configuración del equipo, su instalación y configuración en sitio, capacita al personal encargado del sistema y ofrece mantenimiento, servicio y soporte técnico para fallos posteriores.

En términos generales, la solución debiera incluir:

Tabla. 4.1. Equipos con sus respectivas descripciones y consideraciones

Equipo	Descripción	Consideraciones
CMTS (equipo)	Equipo que administra los cablemódems y su ancho de banda.	Número esperado de suscriptores a mediano y largo plazo (menos de 2000, más de 2000, etc.), servicios futuros (para telefonía IP se elige versión 2.0) y número de puertos ascendentes y descendentes según estructura de la red de cable.
Software de aprovisionamiento	Administración de cablemódems para asignación de tasas y servicios.	Soporta un número máximo de cablemódems.
Instalación y configuración en CRC de la red de cable		Considerar los costos de transporte y viáticos del personal que hace la instalación.
Capacitación a personal de la red de cable	Puede consistir únicamente en la operación del sistema o en capacitación extra sobre temas relacionados con el sistema.	En sitio del operador de cable o en instalaciones del proveedor tecnológico. Idioma de la exposición y del material impreso.
Plan de servicio y/o mantenimiento (optativo)		Considerar los costos de transporte y viáticos del personal que hace el mantenimiento. Considerar disponibilidad para solución de fallas.
Cablemódems		Compatibles con versión DOCSIS® del CMTS.

Además de la opción de comprar el equipo, algunos proveedores de tecnología ofrecen el arrendamiento del mismo. Esta segunda alternativa presenta diversas ventajas como el pago de rentas 100% deducibles de impuestos, eliminación del riesgo de obsolescencia del equipo y opción a actualizaciones durante el periodo de arrendamiento sujeto a ciertas condiciones, entre otros.

Para ofrecer a Green Tv un estimado sobre la inversión requerida para la implantación de este proyecto, es posible establecer un rango entre los \$25,000 y \$80,000 dólares, dependiendo de la capacidad del equipo y los dispositivos contemplados.

5 ASPECTOS COMERCIALES

En un principio, Green Tv deberá emprender una fuerte campaña de difusión para ofrecer el acceso a Internet y en determinado periodo asegurar un número mínimo de usuarios que le permita continuar con el desarrollo del proyecto.

También es posible que, durante este periodo, se dedique a promover una tasa básica de acceso de 64 kbps, como una forma de introducir el servicio y darse a conocer en el mercado. Así, conforme la red de cable adopte mayor número de suscriptores, será más viable el ofrecimiento de otras tasas de transmisión.

Sin embargo, esta no es la única forma de planear la introducción de este servicio, todo depende del tipo de suscriptores que haya en la región de operación de la red de cable, sus hábitos de acceso a Internet, uso de aplicaciones y servicios, volumen de tráfico manejado, porcentaje de usuarios residenciales y empresariales para desarrollar diferentes tasas de transmisión, entre otros.

A continuación se presenta una propuesta de tarifas dividida en tasas de transmisión ofrecidas tanto a usuarios residenciales como empresariales:

Tabla. 4.2. Tarifas para suscriptores residenciales y empresariales

SUSCRIPTORES RESIDENCIALES			
Conexión	Uso	Velocidad	Renta mensual (+ IVA)
Básica	Acceso esporádico a Internet	64 kbps	\$ 15.99
Intermedia	Mayor uso de aplicaciones de Internet	256 kbps	\$ 22.99

Alta velocidad	Ver videos, bajar música, navegar a alta velocidad, juegos interactivos, etc.	1024 kbps	\$ 30.99
Alto tráfico	Manejo de gran volumen de datos	2048 kbps	\$ 99.99
SUSCRIPTORES EMPRESARIALES			
Conexión	Uso	Velocidad	Precio
Pequeña empresa	Orientado a empresas pequeñas con tráfico moderado	256 kbps	\$ 26.99
Mediana empresa	Empresas con red de computadoras (escuela, café Internet, etc.)	1024 kbps	\$ 44.99
Mediana a grande empresa	Empresas con movimientos en línea, consultas, moderado a alto tráfico de datos.	1500 kbps	\$ 68.99
Corporativo	Redes de datos con muchos usuarios y tráfico de datos alto y constante.	2048 kbps	\$ 168.99

Supóngase que durante un periodo, únicamente se maneja la tasa básica para suscriptores residenciales y la renta mensual se cobra, en promedio, a \$15.99 + IVA.

En esta primera etapa, el operador comienza con al menos 80 a 100 usuarios para hacerse de ingresos mensuales que le permitan continuar con el desarrollo tecnológico planeado a mediano plazo. Dependiendo de la promoción del servicio y la aceptación por parte de los suscriptores, el aumento de los clientes no sólo incrementará los ingresos mensuales, sino que justificará poco a poco la inversión que implica ofrecer otras tasas de transmisión y servicios de valor agregado.

Dentro de los servicios extras que no se contemplan en la inversión inicial antes propuesta, ni en el equipamiento propuesto por la especificación DOCSIS, se encuentran los siguientes:

- Soporte técnico vía telefónica y/o en línea
- Determinado número de cuentas de correo
- Portal para suscriptores
- Espacio para página Web personal para suscriptores
- Filtro de contenidos
- Conexión de dos o mas computadores
- Acceso inalámbrico vía tecnología Wi-Fi para suscriptores
- Juegos interactivos compatibles con Xbox Live

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar una red HFC multiservicios tomando en cuenta la posibilidad de la futura subdivisión de los nodos. Los estudios de tráfico y la experiencia de algunas redes de cable indican que máximo 500 usuarios por nodo final es un número adecuado para dar satisfactoriamente servicios avanzados.
- El diseño de la red HFC está basado en los usuarios que actualmente cuenta la empresa que son aproximadamente 2500 suscriptores; pero con el crecimiento de este tipo de redes se estima una cantidad de usuarios potenciales de 12000 suscriptores para dentro de algunos años.
- La topología utilizada para este diseño es de doble anillo siendo más lógica que física, porque tienen la ventaja de ofrecer redundancia, ya que si se interrumpe una trayectoria, las señales aún pueden llegar por el otro lado del anillo; pero la desventaja de esta arquitectura es que se incrementan los costos porque se requiere más equipo.
- La Cabecera de Red o Head End está ubicada en el barrio “Vista al Mar” donde se tendrá que hacer una reestructuración de sus equipos para brindar el nuevo servicio de Internet banda ancha.
- La ruta a seguir de la Red Troncal Primaria de Fibra Óptica se divide en dos tramos diferenciados: una hacia el norte hasta llegar al sector de “Las Palmas” y la otra hacia el sur hasta el barrio “Aire Libre”.

- El Nodo Primario en la ruta hacia el norte tiene básicamente tres ramificaciones: un Nodo Final ubicado en la calle 9 de Octubre y Bolívar, por el Municipio para distribuir la señal al centro de la ciudad; un Nodo Final ubicado en la calle Manabí, por la Iglesia “La Catedral” para brindar servicios a sectores cercanos al Nodo como el barrio “Nuevos Horizontes”, la Parada 7, la Parada 8, la Parada 9, entre otros; y un Nodo Final en el Parque de Las Palmas para que llegue la señal a barrios como el “Tercer Piso”, “El Embudo”, “El Panecillo” entre los más conocidos.
- El Nodo Primario en la ruta hacia el sur tiene dos ramificaciones: un Nodo Final ubicado en el barrio “Esmeraldas Libre” para dar servicios a barrios como “San Martín de Porres” y “Los Almendros”; y un Nodo Final ubicado en la calle Colón al frente de la Clínica del IESS para que llegue la señal a todos los sectores de su alrededor.
- Para Green Tv, hacer bidireccional su red de cable es muy importante para poder tener el canal de retorno y brindar el servicio de Internet Banda Ancha, para posteriormente implementar otros servicios como telefonía sobre IP, video por demanda, video juegos y televisión digital.
- La red de cable de Green Tv tiene que estar preparada lo antes posible para recibir y adoptar un nuevo diseño tecnológico para conservar, satisfacer y adquirir más suscriptores con los nuevos servicios, pero sobre todo, convertirse en un operador competitivo en el arduo sector de las telecomunicaciones de banda ancha de hoy y del futuro cercano.
- Para la elaboración del presente proyecto, se ha realizado solo la parte técnica en lo que concierne al diseño de la red; Green Tv tendrá que analizar todos los aspectos involucrados en la implantación del proyecto teniendo mucha importancia el marco legal, para que se pueda hacer realidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar fibra óptica monomodo de hilos aéreos, auto-soportado con cable mensajero. La fibra óptica escogida por el concesionario deberá cumplir por lo menos con la recomendación UIT-T G.652.
- Se recomienda para el equipamiento de la cabecera equipos de CMTS de la marca CISCO, con sus modelos UBR; o Arris, con sus modelos Cadant, dependiendo de los distintos anchos de banda y el tipo de modulaciones digitales que se dese manejar. La elección de los Cable-modems depende del tipo y versión del CMTS adquirido.
- Se recomienda que para la administración y configuración del sistema se cuente con equipos de medición CATV como el AT2500RQv de 1.5 GHz, QAM y capacidades de video, así como medidores de campo CM100, 250 y 500 para mediciones analógicas y digitales.
- Para asegurar la confiabilidad de la red, es necesario revisar cada uno de los componentes de la planta externa. Por ejemplo, las fuentes de poder antiguas deben ser sustituidas por fuentes de poder con baterías de respaldo.
- No es muy recomendable utilizar filtros pasa altas en la salida de los derivadores para bloquear ruido e ingresos. A medida que se vayan retirando para habilitar otros servicios, el problema de ruido seguirá presente y será más difícil de resolver. La banda de retorno debe funcionar con o sin filtros.

ANEXOS

A1.- Mapa de la ciudad de Esmeraldas con la Red CATV actual de Green Tv.

A2.- Simbología en Redes de Cable.

A3.- Mapa de la ciudad de Esmeraldas con la Red HFC diseñada para Green Tv.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Equipo Editorial CULTURAL, S.A., *Técnico en Telecomunicaciones*, Tomo 3, Primera Edición, Madrid –España 2002.
- Telefónica de España S.A., *Potencialidad de las Redes de Cable HFC*, Primera Edición, Madrid 1996.
- Comunicaciones World, *DWDM y DOCSIS: Tendencias en las Redes de Cable*, Primera Edición, Septiembre de 2001.
- Gómez Rubio, Raúl, *¡Tengo Cable en Casa ¡ Operadores de Cable*, www.icaei.es/publicaciones/anales_get.php?id=737, Publicada en el 2003, Fecha de Consulta: Mayo del 2008.
- CINIT, *Curso Básico de Redes de Cable*, www.cablededucacion.org.mx/micrositios/redes2/index.htm, Publicada en el 2007, Fecha de consulta: Marzo del 2008
- CINIT, *“GUÍA BÁSICA PARA EL OPERADOR DE CABLE” CABECERA*, www.cinit.org.mx/content/guias/GuiaCRC.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Abril del 2008
- CINIT, *“GUÍA BÁSICA PARA EL OPERADOR DE CABLE” PLANTA EXTERNA*, www.cinit.org.mx/content/guias/GuiaPlantaExterna.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Mayo del 2008
- CINIT, *“GUÍA BÁSICA PARA EL OPERADOR DE CABLE” ACOMETIDA*, www.cinit.org.mx/content/guias/GuiaAcometida.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Mayo del 2008

- CINIT, “*GUÍA BÁSICA PARA EL OPERADOR DE CABLE*” *ETAPAS PARA HABILITAR ACCESO A INTERNET*, www.cinit.org.mx/content/guias/etapasparahabilitaraccesoainternetenlareddecable.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Septiembre del 2008.
- CINIT, “*GUÍA BÁSICA PARA EL OPERADOR DE CABLE*” *FIBRA ÓPTICA*, www.cinit.org.mx/content/guias/GuiaFibraOptica.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Octubre del 2008
- MsC Córdova, Fransisco, *TECNOLOGIAS DE ACCESO*, www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/TUS6/2_tecnologia.pdf, Fecha de Consulta: Junio del 2008.
- *Redes de Acceso de Banda Ancha en Navarra*, www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/tecacc_index.htm, Fecha de Consulta: Junio del 2008.
- *Tecnologías en las Redes de Acceso*, www.monografias.com/trabajos13/tecnacc/tecnacc.shtml, Fecha de Consulta: Junio del 2008.
- Ing. Chong Pineda, Michael, *Servicios de telecomunicaciones a través de una red HFC*, www.conartel.gov.ec/archivos/presentacion_introduccion_redesHFC.pdf, Publicada en el 2007, Fecha de Consulta: Junio del 2008.
- Ing Garcia Bish, Juan Ramon, *Transmisión de Datos mediante Cablemodems*, www.andinalink.com/es/exhibit/2003/curses/files/catv/cablemodems.ppt, Fecha de Consulta: Junio del 2008.

- *DISEÑO DE UNA RED URBANA HFC PARA LA DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS AVANZADOS DE TELECOMUNICACIÓN*, io.us.es/cio2001/Cio-2001/cd/Articulos/Us/US-3.htm, Fecha de Consulta: Junio del 2008.
- Ing. Rojas, Paúl, *CONVERGENCIA RETO TECNOLÓGICO DEL SIGLO 21*, www.supertel.gov.ec/noticias/pdf/convergencia_17_mayo_07.pdf, Fecha de Consulta: Octubre del 2008.
- Superintendencia de Telecomunicaciones, *Compendio histórico de las Telecomunicaciones en el Ecuador*, www.supertel.gov.ec/tecnicos/folleto1.pdf, Fecha de Consulta: Octubre del 2008.

HOJA DE RECEPCIÓN

Sangolqui, 10 de Diciembre del 2008

ELABORADO POR:

Mario Villacrés Bechara

COORDINADOR DE CARRERA:

Ing. Gonzalo Olmedo
DIRECTOR DE CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN TELECOMUNICACIONES