



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS  
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica*

TRABAJO DE DIPLOMA

***“Diseño de red Híbrida Fibra Coaxial (HFC) para la  
Cayería Norte de la provincia Villa Clara”***

**Autor: Vismar Bravet Gómez**

**Tutor: Ing. Luis Armando Moreno Valiño**

**Consultante: M.Sc. Hiram del Castillo Sabido**

**Santa Clara**

**2009**

**“Año del 50 aniversario del triunfo de la Revolución”**



**UNIVERSIDAD CENTRAL “Marta Abreu” DE LAS VILLAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

***Departamento de Telecomunicaciones y Electrónica***



**TRABAJO DE DIPLOMA**

***“Diseño de red Híbrida Fibra Coaxial (HFC) para la  
Cayería Norte de la provincia Villa Clara”***

**Autor: Vismar Bravet Gomez**

**Tutor: Ing. Luis Armando Moreno Valiño**

Especialista de Telecable Internacional  
División Tecnológica CIMEX. Villa Clara  
e-mail: [armando.moreno@cimex.com.cu](mailto:armando.moreno@cimex.com.cu)

**Consultante: M.Sc. Hiram del Castillo Sabido**

Prof. Dpto. de Telecomunicaciones y electrónica  
Facultad de Ing. Eléctrica. UCLV.  
e-mail: [hiramd@uclv.edu.cu](mailto:hiramd@uclv.edu.cu)

**Santa Clara**

**2009**

**“Año del 50 aniversario del triunfo de la Revolución”**



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la especialidad de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

---

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Jefe de Departamento  
donde se defiende el trabajo

---

Firma del Responsable de  
Información Científico-Técnica

**EXERGO**

*Siempre vale la agonía de la prisa, aunque, se llene de sillas la verdad.*

*Silvio Rodríguez.*

**DEDICATORIA**

*A mi madre por darme siempre todo su apoyo.*

*A la memoria de mi padre.*

*A mis hermanos por su confianza*

*A mi novia por la constancia y el cariño.*

*A Armando Moreno por su tiempo y dedicación*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi padre por ser mi educador, por su paciencia y pedagogía.*  
*A mi madre por creer en mí y por su presencia en los momentos más importantes*  
*A mi novia Lys por su compañía y comprensión durante estos años*  
*A los Bravet por el ejemplo*  
*A mis tías y primos Gómez Pinto por la ayuda incalculable*  
*A Homero por ser como un hermano*  
*A Lola Sánchez por su cariño y sus consejos*  
*A Juanita por su benevolencia*  
*A mis tutores Armando e Hiram por sus conocimientos*  
*A la familia Puentes Rodríguez por su ayuda y por abrirme sus puertas*  
*A Jorge Fernández por su confianza*  
*A todo el edificio de Nazareno por soportarme*  
*A los trabajadores de la división tecnológica de CIMEX en Villa Clara*  
*A la UCLV y en especial las facultades de Ing. Eléctrica y Humanidades*  
*A los profesores y todas las personas que de una forma u otra me han guiado*  
*hasta aquí.*

**Gracias**

## TAREA TÉCNICA

1. Búsqueda bibliográfica y estudio de trabajos hechos de redes de fibra óptica para la transmisión de TV y las llamadas redes *triple play* (voz, video y datos).
2. Examinar el desempeño de la red en varios puntos de la misma de forma tal que se tome en cuenta el ruido que pueda introducir cada uno de los elementos activos.
3. Efectuar el estudio del equipamiento propuesto a utilizarse.
4. Realizar un levantamiento geográfico del área donde sería implementada la red.
5. Elaborar un material que refleje en tres capítulos la temática tratada.

---

Firma del Autor

---

Firma del Tutor

## **RESUMEN**

Existe un ambicioso plan de desarrollo, en cuanto al turismo, en el municipio Caibarién, al norte de la provincia de Villa Clara. En este trabajo se propone la realización de un proyecto de red HFC para mejorar los viejos sistemas CATV y optimizar las redes existentes para este servicio, implementando el uso de Internet, voz sobre IP y la transmisión de datos. Este proyecto de red funciona sobre la base de un estándar llamado DOCSIS que regula todo los patrones de la red, desde los cable modem de los usuarios hasta las centrales de monitoreo o CMTS, basada en nodos interconectados por fibra óptica a una central y conectados internamente por cable coaxial. De esta forma darle servicio desde un solo centro de recepción, a todos lo hoteles existentes y a los que se construirán, en el futuro, en ese territorio. Para esto se sugieren variantes de diseño, que permitirán disminuir los costos de recepción de la señal aumentando la calidad del servicio en cuanto al número de canales y la disminución de la probabilidad de fallo del sistema en general.

## ÍNDICE

EXERGO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
TAREA TÉCNICA .....	iv
RESUMEN .....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE REDES HÍBRIDAS FIBRA COAXIAL. ....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Estructura de una red HFC .....	6
1.3 Estructura de la cabecera.....	7
1.4 Red troncal .....	8
1.5 Red de distribución .....	10
1.5.1 Dispositivos pasivos en la red de distribución.....	11
1.5.1.1 Divisores.....	11
1.5.1.2 Acopladores Direccionales .....	12
1.5.1.3 Derivadores o Taps .....	13
1.5.2 Dispositivos activos .....	13
1.5.2.1 Amplificadores.....	13
1.6 Cable Coaxial .....	15
1.6.1 Comportamiento Eléctrico del Coaxial.....	16

1.6.1.1	<i>Resistencia del bucle</i> .....	16
1.6.1.2	<i>Efecto pelicular</i> .....	17
1.6.1.3	<i>Impedancia característica</i> .....	18
1.6.2	Conectores Coaxiales.....	18
1.6.3	Atenuación en Coaxiales .....	18
1.7	Fibra Óptica.....	19
1.7.1	La Fibra Óptica en CATV .....	20
1.7.2	Dispositivos Ópticos .....	21
1.7.2.1	<i>Activos</i> .....	21
1.7.2.2	<i>Pasivos</i> .....	22
1.8	Fibra hasta el hogar .....	22
1.8.1	Ventajas de la fibra hasta el hogar .....	23
CAPÍTULO 2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y VARIANTES DE DISEÑO.....		24
2.1	Fibra óptica como medio de transmisión .....	24
2.1.1	Especificaciones.....	24
2.1.2	Transmisión en fibra óptica .....	25
2.2	Cable Coaxial como medio de Transmisión .....	26
2.2.1	Velocidad de propagación .....	26
2.2.2	Reflexiones .....	26
2.3	Nodo Óptico .....	27
2.3.1	Receptor Óptico .....	27
2.3.2	Transmisor Óptico .....	28
2.4	Modulación y multiplexación .....	30
2.4.1	Modulación QAM.....	30
2.4.1.1	<i>Estructura de un Transmisor QAM</i> .....	30
2.4.1.2	<i>Estructura de un Receptor QAM</i> .....	31
2.4.2	Modulación QPSK.....	31

2.4.3	Multiplexación WDM.....	33
2.4.3.1	<i>Estructura de un sistema 1310.</i> .....	34
2.5	Propuesta de Diseño Kathrein.....	34
2.5.1	Solución Técnica.....	34
2.5.2	Cabecera.....	35
2.5.2.1	<i>Programas de radio y TV</i> .....	35
2.5.2.2	<i>Internet</i> .....	35
2.5.3	Rendimiento.....	36
2.5.3.1	<i>Parámetros técnicos</i> .....	36
2.5.4	Distribucion de la señal.....	37
2.5.4.1	<i>Combinación de señal y distribución óptica</i> .....	37
2.5.4.2	<i>Distribución interna de los edificios</i> .....	37
2.6	Propuesta de Diseño Solución Integral FTTH .....	37
2.6.1	Tecnologías correintes de acceso FTTH.....	37
2.6.2	Equipamiento de recepción y transmisión .....	38
2.6.2.1	<i>OLT (Optical Line Terminal)</i> .....	38
2.6.2.2	<i>ONU (Optical Network Unit)</i> .....	38
2.6.3	Equipos de protección óptica.....	39
2.6.3.1	<i>Características tecnológicas</i> .....	39
2.6.4	Divisor óptico .....	39
2.6.4.1	<i>Características de divisor PLC</i> .....	39
CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE DISEÑO .....		41
3.1	Estructura física.....	41
3.2	Estructura de la cabecera.....	42
3.2.1	Servidor.....	43
3.2.2	Internet.....	44
3.2.3	CMTS.....	44
3.3	Equipamiento de abonado .....	45

3.3.1	Cable Modem.....	45
3.3.1.1	<i>Partes de la estructura</i> .....	47
3.3.1.2	<i>Camino de retorno</i> .....	48
3.4	Equipamiento de nodo óptico.....	49
3.4.1	ORA 9022 .....	49
	CONCLUSIONES.....	50
	RECOMENDACIONES.....	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
	ANEXOS.....	54

## INTRODUCCIÓN

La televisión por cable (CATV) no queda exenta del grupo de servicios que se brindan en una instalación hotelera, por eso existe un fuerte deseo de mejorar la misma en la cayería norte de la provincia de villa clara, para eso se propone un diseño de red HFC bidireccional y con nuevos servicios agregados como Internet, voz sobre IP y transmisión de datos, logrando una mejora en la calidad y fiabilidad del servicio brindado así como la estancia del turista.

Los sistemas (CATV) instalados en los hoteles existentes en la Cayería, presentan cierta similitud entre ellos desde el punto de vista de la recepción, pues todos la hacen de forma puntual, así como en la estructura de los canales y sus redes de distribución. Esto constituye un incremento de los costos para la empresa operadora del servicio de CATV, debido a la cantidad de equipamiento utilizado, los que aumentan cada vez que se hace una nueva recepción puntual, incrementándose la posibilidad de fallas o averías.

Por lo que surge la idea de realizar un proyecto de red que se pueda insertar en el corredor de corrientes débiles del plan director de dicho polo turístico, en donde exista un solo centro de recepción. Es ampliamente conocido que todas las empresas operadoras de señal de televisión por cable a nivel mundial, usan este sistema de distribución a través de grandes redes de cables por la utilidad económica y la fiabilidad tecnológica que esto significa.

El objetivo de este proyecto es proponer variantes de diseño de red para la Cayería Norte de la provincia de Villa Clara, teniendo en cuenta el futuro crecimiento de este Polo Turístico. Con ello se lograría el enlace de todas las instalaciones turísticas con un solo centro de recepción, contribuyendo de esta forma a reducir las fallas y a mejorar el servicio, así como brindar una bidireccionalidad necesitada por el cliente de estos tiempos, pues se

puede disponer en el mismo local de recepción de un equipamiento de recambio que minimizaría el tiempo de interrupciones del servicio.

Además, el proveedor incrementará sus ingresos, así no tendrá que realizar nuevas inversiones en la compra de receptores puntuales para las nuevas instalaciones que se construyan, ni realizará el pago de nuevas licencias de antenas. Por otro lado, solo efectuaría el pago de las suscripciones para los receptores del centro de recepción, y la licencia al proveedor de servicios de Internet, pues hasta el momento se pagaban las suscripciones de todos los receptores existentes en cada instalación hotelera.

**Objetivo:**

Realizar un estudio teórico y práctico del diseño de una red HFC, por la cual se puedan transmitir datos y enlazar todas las instalaciones hoteleras de la Cayería Norte de Villa Clara.

**Objetivos específicos:**

- Realizar un estudio teórico y profundo del diseño e implementación de una red HFC.
- Medir el desempeño y/o funcionamiento de la señal de TV a través de una red HFC.
- Diseñar una red que pueda responder a las necesidades del sistema para una posible ampliación.
- Efectuar estudios de factibilidad y ficha de costo de la inversión.

Con el fin de dar un correcto cumplimiento a los objetivos propuestos para este trabajo, se han planteado un grupo de tareas técnicas y de investigación, las cuales se enumeran a continuación:

1. Búsqueda bibliográfica y estudio de trabajos hechos de redes de fibra óptica para la transmisión de TV y las llamadas redes *triple play* (voz, video y datos).
2. Examinar el desempeño de la red en varios puntos de la misma de forma tal que se tome en cuenta el ruido que pueda introducir cada uno de los elementos activos.
3. Efectuar el estudio del equipamiento propuesto a utilizarse.
4. Realizar un levantamiento geográfico del área donde sería implementada la red.
5. Elaborar un material que refleje en tres capítulos la temática tratada.

**Estructura del Trabajo:**

El informe de dicha investigación quedara estructurado de la siguiente manera: Introducción, Capítulos, Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

**➤ Introducción**

En la introducción se dejará definida la importancia, actualidad y necesidad del tema que se aborda y se dejarán explícitos los elementos del diseño teórico.

**➤ Desarrollo**

**CAPITULO I:** Se dedicará al estudio de las fibras y el coaxial

- Características de las redes HFC
- Parámetros de Calidad de redes HFC
- Equipamiento de redes HFC.

**CAPITULO II:** Se dedicará a la transmisión de datos y las diferentes variantes que existen para las redes HFC.

**CAPITULO III:** Dedicado al diseño de la red de HFC y al análisis de resultados.

**➤ Conclusiones**

Se realizará un análisis crítico de los resultados obtenidos a partir de los objetivos que se trazaron inicialmente.

**➤ Recomendaciones**

Se harán recomendaciones que tengan como objetivo enriquecer el material y que permitan la mejora de este proyecto en el futuro.

**➤ Bibliografía****➤ Anexos**

## **CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE REDES HÍBRIDAS FIBRA COAXIAL.**

### **1.1 Antecedentes**

Las redes híbridas fibra coaxial (HFC) nacen para mejorar los viejos sistemas CATV y optimizar las redes existentes para este servicio, implementando el uso de Internet y mejorando el ancho de banda en estas. Una red HFC es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales, este tipo de red ofrece varios servicios como TV, telefonía, Internet, IPTV y video en demanda, entre otros, por único acceso y de manera integrada, reemplazando parte de la red coaxial con fibra óptica, tiene mayor capacidad de servicio, mayor alcance y es bidireccional, a diferencia de las redes basadas solo en cable coaxial, las cuales son muy limitadas en los servicios que pueden ofrecer.

Las primeras redes de cable se desarrollaron a finales de los años 40 del pasado siglo, con el objetivo de posibilitar la distribución de la señal de televisión en las pequeñas ciudades asentadas en los valles de las montañas de Pennsylvania, EE.UU.

En esta zona, la configuración geográfica hacía imposible la recepción de la señal emitida desde la estación más próxima, situada en Philadelphia. John Walson, propietario de un almacén de ventas de aparatos de televisión, tenía dificultades en la venta de estos equipos debido a las complicaciones en la recepción. La señal de televisión no podía atravesar las montañas, aunque la recepción sí era posible en las crestas de las mismas.

De este modo, el Sr. Walson puso una antena al final de un poste y lo instaló en lo alto de una montaña cercana. La señal recibida era transportada mediante un cable de pares hacia el almacén del Sr. Walson, donde expuso sus televisores, esta vez con imágenes. Las ventas se dispararon y el Sr. Walson se hizo responsable de distribuir la señal hasta los

domicilios de los compradores, con la máxima calidad posible. Para ello, tuvo que desarrollar sus propios amplificadores de señal. Este fue el nacimiento de los sistemas *Community Antenna TeleVision* o CATV<sup>1</sup>, posteriormente renombrada a *Cable TeleVision*.

Más tarde, Milton J. Shapp aplicó el mismo principio a nivel de edificios individuales, evitando así la acumulación de antenas particulares en los tejados de los edificios. El Sr. Shapp fue el primero en usar cables coaxiales para tal fin. Tras su nacimiento, las redes CATV se popularizaron y extendieron por EEUU.

A mediados de los años 60 la tecnología de los amplificadores de válvulas es sustituida paulatinamente por la revolucionaria tecnología de los amplificadores de transistores. Esta evolución vendrá asociada a importantes avances en la tecnología de fabricación de los cables, que devengará en una drástica reducción de las pérdidas en estos. A finales de los 60 aparece el concepto de banda de retorno. Esta banda permite a los abonados transmitir señales hacia la cabecera en una banda baja de frecuencias (5 a 30 MHz), naciendo así la posibilidad de convertir los sistemas CATV en sistemas bidireccionales que permitan al abonado interactuar con la cabecera del sistema. Esta posibilidad crea grandes expectativas de servicios, aunque inicialmente se usa para señalización interna del sistema como alarmas, medidas y comprobación permanente del buen funcionamiento del sistema.

En EE.UU., *Service Electric* ofreció el primer servicio de televisión de pago (*Pay TV*), denominado *Home Box Office* o HBO, a través de su sistema de cable. Aunque en la primera noche de emisión de HBO sólo fue visto por unos pocos cientos de personas, su crecimiento fue espectacular, y se convirtió en el servicio de cable con mayor difusión, superando los 11.5 millones de espectadores. En parte ello se debió a sus propietarios, *Time, Inc.*, los cuales, decidieron distribuir la señal vía satélite, en lo que también fueron pioneros.

Durante los años 70 y 80 se perfecciona la banda de retorno, lo que contribuye a desarrollar nuevos y más eficientes amplificadores. Además la banda de transmisión se amplía de 50 a 550 MHz, lo cual permite la difusión de un número de canales muy alto y abre las puertas a todo tipo de servicios de banda ancha.

---

<sup>1</sup> **CATV**: **C**ommunity **A**ntenna **T**ele**V**ision. Sistemas de Televisión de Antena Común.  
**Cable TV**: Televisión por Cable.

Se podría decir que los años 90 han sido los años de la bidireccionalidad en el mundo de los sistemas CATV. En estos años el objetivo principal ha sido mejorar la capacidad y calidad del canal de retorno.

Las redes CATV actuales suelen transportar la señal mediante fibra óptica, para cubrir distancias relativamente largas, y coaxial, para la distribución en las proximidades. Se trata de una red híbrida de fibra y coaxial, habitualmente referida como HFC (*Hybrid Fiber/Coax*). El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos. Estos servicios, en particular, telefonía, datos e Internet, requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos.(Varios)

## 1.2 Estructura de una red HFC

Una red híbrida fibra coaxial (*HFC*<sup>2</sup>) es una red de telecomunicaciones por cable que combina la fibra óptica y el cable coaxial como soportes de la transmisión de las señales. Estas redes están preparadas para poder ofrecer un amplio abanico de aplicaciones y servicios a sus abonados. La mayoría de estos servicios requieren de la red la capacidad de establecer comunicaciones bidireccionales entre la cabecera y los equipos terminales de abonado, y por tanto exigen la existencia de un canal de comunicaciones para la vía ascendente o de retorno, del abonado a la cabecera.

Los retornos de distintos nodos llegan a la cabecera por distintas vías. Una señal generada por el equipo terminal de un abonado recorre la red de distribución en sentido ascendente, pasando por amplificadores bidireccionales, hasta llegar al nodo óptico. Allí convergen las señales de retorno de todos los abonados, que se convierten en señales ópticas en el láser de retorno, el cual las transmite hacia la cabecera.(Paff, 1995)

Una de las interrogantes que nos planteamos es ¿Por qué no se construye toda la red con fibra óptica, a pesar de todos los beneficios que éstas brindan, como es un mejor ancho de banda, menos inmune a los ruidos y menor atenuación con respecto al cable coaxial; la respuesta es muy simple, las conexiones y los puntos finales de banda ancha de las redes de fibra son mucho mas caros que con el coaxial, las fuentes ópticas y receptores que envían y reciben las señales en la red de fibra óptica aumentan enormemente los costos, si bien es

---

<sup>2</sup> **HFC**: **H**ybrid **F**iber **C**oaxial.

cierto, la fibra puede ser económicamente efectiva para largas comunicaciones punto a punto, el coaxial es mas barato cuando hay muchos ramales y conexiones en la red. Con el desarrollo incontenible de la tecnología en telecomunicaciones, hemos observado con el transcurrir del tiempo como ha ido evolucionando el concepto de red de TV por cable hacia red de telecomunicaciones, tanto desde el punto de vista tecnológico con la llegada de las redes HFC, como desde el punto de vista de las nuevas tendencias de redes de telecomunicación orientadas a satisfacer los nuevos servicios.(Carnero et al., 1998)

En la arquitectura de la red HFC los medios de transmisión usados serán la fibra óptica, en la red troncal y el cable coaxial, en la red de distribución. El cable coaxial proporciona una capacidad de ancho de banda considerable y permite que la señal se extraiga y se inserte con una mínima interferencia a cualquier cliente o equipo, las limitaciones de este sistema son que la señal necesita ser amplificada y además es susceptible a interferencias externas. La fibra óptica proporciona la ventaja de cubrir distancias razonablemente largas con un mínimo de amplificación y regeneración de la señal. (Aldana et al., 2007)

Se componen estas redes básicamente de tres partes: la cabecera, la red troncal y la red de distribución esta última es lo que comúnmente se conoce como la red de última milla.

### **1.3 Estructura de la cabecera**

La señal transmitida sobre un sistema CATV es de banda ancha y esta compuesta por múltiples canales de televisión así como información originada por otros servicios ofrecidos por la red. Tanto unos como otros se originan o tienen como destino la llamada cabecera, que constituye el principio y final de la red.(Atlanta, 2004)

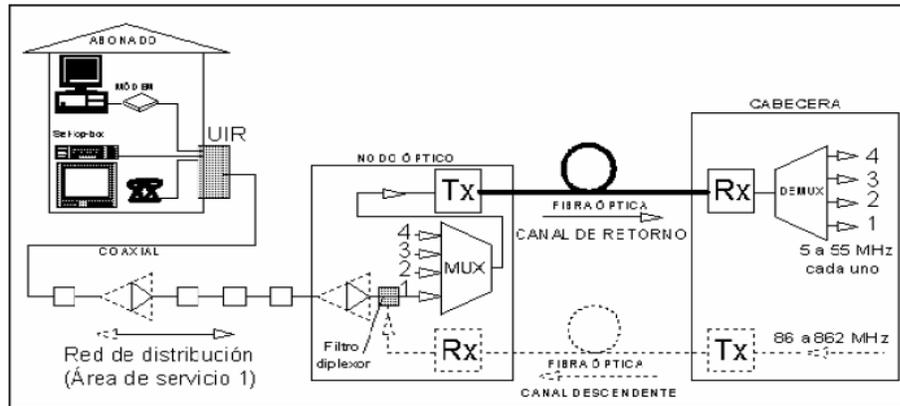


Figura 1.1 Diagrama en bloque de red HFC

La figura 1.1 muestra un esquema simplificado de red HFC desde el punto de vista del canal de retorno. En esta configuración, del nodo óptico parten 4 buses de coaxial que sirven a 4 áreas de distribución distintas, que compartirán los 50MHz del canal de retorno. En cada abonado una Unidad de Interfaz de Red (UIR) sirve para conectar los distintos equipos terminales del mismo (PC/Modem de cable, TV/se-top-box y terminal telefónico). Por otra parte la figura 1.2 muestra el plan de frecuencias utilizado en la cabecera.(Paredes et al., 2000)

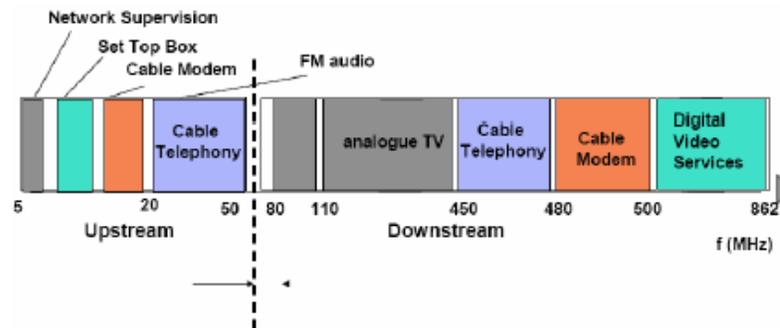


Figura 1.2 Plan de frecuencias

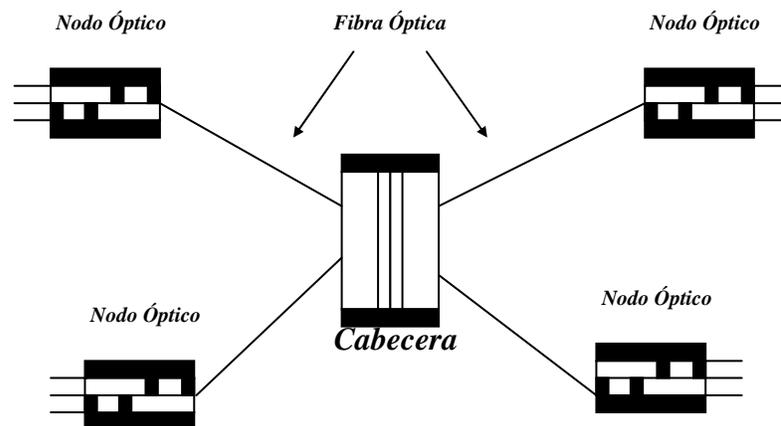
#### 1.4 Red troncal

La red troncal puede considerarse como el conjunto de arterias principales de la red de cable, que parten directamente desde la cabecera de la red, y adquieren varias topologías.

En ella podemos encontrarnos con varias alternativas a nivel de diseño y composición. A nivel de composición debemos distinguir las redes todo coaxial y las híbridas fibra coaxial. En las redes todo coaxial la red troncal esta formada por tramos de

cable coaxial de alta calidad, enlazados mediante amplificadores troncales en cascada pero esta configuración ha quedado en la actualidad obsoleta ante el advenimiento de las redes HFC.

En una red con configuración HFC podemos encontrarnos con varios tipos de topologías en la red troncal. Inicialmente se instalaron redes en estrella-árbol. En ellas varias fibras partían de la cabecera hacia unos nodos ópticos. En estos nodos ópticos la señal procedente de la fibra se convierte de óptica a eléctrica, y de ellos parten las ramificaciones de la red de distribución. La red troncal se cablea con fibra óptica mientras que la red de distribución se hace con coaxial. De ahí su denominación como redes híbridas.



*Figura 1.3 Red Troncal de una estructura HFC.*

El principal problema de este tipo de topología es que si uno de los enlaces de fibra óptica que van desde la cabecera a cada nodo óptico se daña, se dejará de prestar servicio a todos los usuarios que dependan de ese nodo óptico, con el grave perjuicio que ello conlleva tanto para los abonados como para la empresa que da el servicio. Imitando la táctica utilizada para resolver este mismo problema en redes de ordenadores sobre fibra óptica, la tendencia actual son las redes en anillo-árbol. En estas redes se usan anillos de fibra óptica en vez de enlaces simples para garantizar una mayor seguridad ante fallos y dotar a la red de mayor flexibilidad.

En dicha alternativa se dispone de una cabecera primaria a la que van conectadas una serie de cabeceras secundarias, que cumplen una función similar a la primaria. Usando la arquitectura en anillo, tanto la cabecera primaria como las secundarias se incluyen en un

anillo, llamado *backbone*. A su vez, cada una de las estaciones de cabecera secundarias será origen de otro anillo de fibra óptica que incluirá esta cabecera más todos los nodos ópticos que dependan de ella con esta variante se aprovecha la ventaja principal, de la topología en anillo, que es, disponer de dos caminos de fibra hacia cada uno de los nodos ópticos. Así, si se produce cualquier tipo de daño en un punto del anillo, los nodos ópticos seguirán recibiendo la señal procedente de la cabecera sin ningún problema.

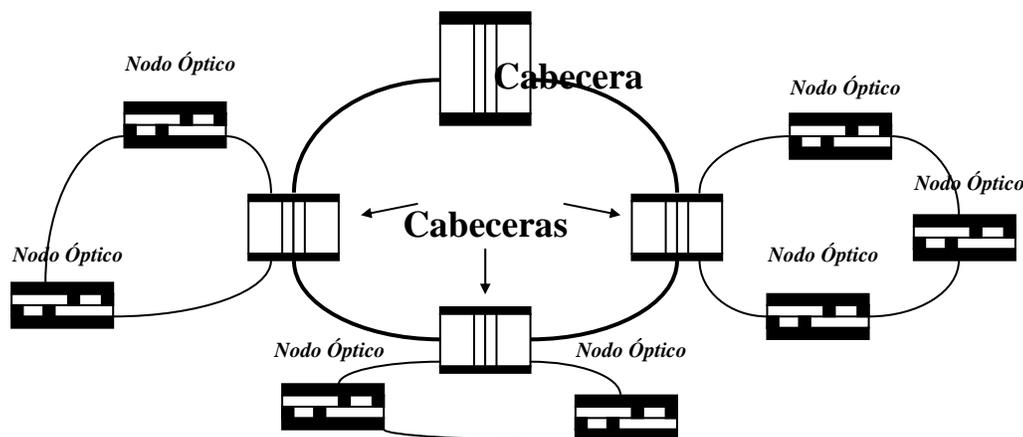


Figura 1.4 Red Troncal de una estructura HFC en anillo.

Para incrementar aun más la seguridad ante fallos en estas instalaciones, se suelen añadir anillos redundantes, de forma que tengamos más de uno sobre el mismo recorrido. De esta forma no solo se cubre un posible fallo, sino también futuras ampliaciones de red.

La topología en anillo también aporta ventajas claras en cuanto a aplicaciones telemáticas se refiere, ya que es una estructura ampliamente usada en redes de ordenadores por ser especialmente apta para este tipo de aplicaciones. Dado que estos servicios son el futuro del cable, es muy recomendable el uso de este tipo de red.

## 1.5 Red de distribución

La red de distribución transporta la señal de banda ancha del sistema desde la red troncal, vista anteriormente, hasta las proximidades del abonado. El último tramo de la red, que va desde la red de distribución hasta la toma de abonado, se denomina acometida. Con esta definición en mente, la red de distribución se puede decir que lleva la señal desde la red troncal hasta las acometidas de abonado.

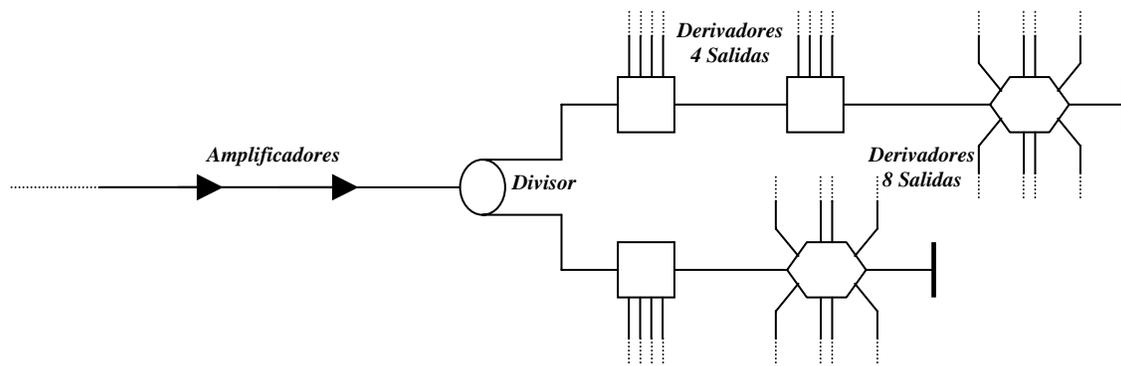


Figura 1.5 Ejemplo de Red de distribución.

En redes HFC el punto de nacimiento de la red de distribución son los nodos ópticos, de cada nodo óptico parten cuatro cables coaxiales. Cada uno de ellos se ramifica en árbol formando una parte de la red de distribución, que dará servicio a una cuarta parte de los abonados que dependen de ese nodo óptico. Esta estructura permite aumentar el ancho de banda para cada usuario en caso de aplicaciones de banda compartida, como los servicios de transmisión de datos.

A parte del cable coaxial, base de la red de distribución, dentro de esta parte de la red nos encontramos con una serie de dispositivos que jugarán un papel fundamental en el trabajo de hacer llegar la señal a las tomas de abonado. Dentro de estos dispositivos destacan los amplificadores por un lado, y por otro los dispositivos pasivos como divisores, acopladores y derivadores.

### 1.5.1 Dispositivos pasivos en la red de distribución

En la red de distribución tendremos que dividir la señal de banda ancha para conseguir llevarla hasta todos los destinos posibles. Esta división se consigue mediante el uso de dispositivos pasivos. Dentro de estos, los más usados en CATV son:

#### 1.5.1.1 Divisores.

Existen dos variantes de este tipo de dispositivos: unos que dividen la señal de entrada en dos partes iguales; y otros que la dividen en dos salidas iguales y una desigual.

Las pérdidas o atenuación reales en estos dispositivos es función de la frecuencia utilizada, además de introducir mayor atenuación de la esperada teóricamente.

### 1.5.1.2 Acopladores Direccionales

Estos dispositivos, al igual que los anteriores, dividen la señal, pero en partes no iguales. Por ello se suelen usar para derivar líneas secundarias a partir de líneas principales dentro del árbol de la red de distribución. La salida por la que sale una mayor parte de la potencia de entrada se denomina *salida en paso*, siendo la otra salida la *salida en derivación*.

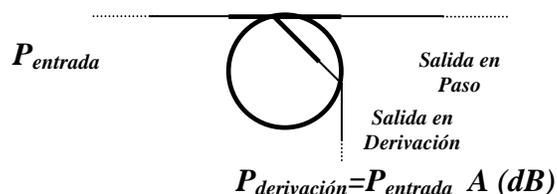


Figura 1.6 Esquema de un acoplador direccional.

Las pérdidas en cada una de las salidas dependerán de la distribución de la señal que se quiera hacer. Así, en el mercado existen acopladores direccionales con pérdidas en derivación de 8, 10, 12, y 16 dB.

Al igual que los dispositivos anteriores, los acopladores reales se alejan en gran medida de los valores ideales esperados. Algunos valores más próximos a la realidad, teniendo en cuenta también la influencia de la frecuencia, son:

**Tabla 1.1 Pérdidas en los acopladores direccionales**

Tipo	Pérdidas en Paso [dB]		Pérdidas en Derivación [dB]	
	Bajas Frec.	Altas Frec.	Bajas Frec.	Altas Frec.
8 dB	1,7	2,8	8,5	9,8
10 dB	1	2,6	10,2	11,5
12 dB	1,1	2,4	12	13,3
16 dB	1	2,2	16	17,3

### 1.5.1.3 Derivadores o Taps

Estos dispositivos son los elementos finales del sistema, y de ellos parten las acometidas de abonado. Se trata de dispositivos que dividen una parte de la señal en 2, 4, 8 o 16 partes iguales, dejando el resto de la señal en paso.

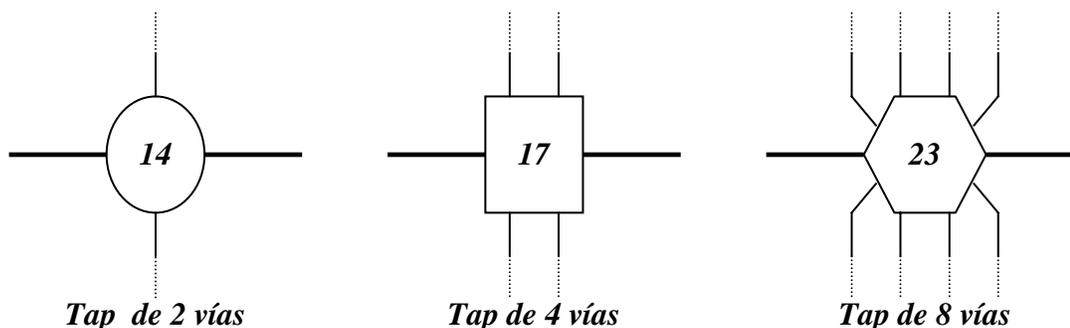


Figura 1.7 Distintos tipos de derivadores o taps.

Normalmente, en la representación de los derivadores se indica, dentro de la forma geométrica correspondiente, un número, que indica la atenuación introducida por el derivador en cada salida en derivación. En la representación anterior se indican algunos valores típicos, aunque los fabricantes ofertan gran variedad de ellos en cuanto a pérdidas se refiere. Así, en el mercado podemos encontrarlos con valores nominales de entre 3 y 40dB. Al igual que los dispositivos anteriormente estudiados, los derivadores reales también tienen una respuesta que es función de la frecuencia, presentando mayores atenuaciones a altas frecuencias que a bajas.

## 1.5.2 Dispositivos activos

### 1.5.2.1 Amplificadores

Para compensar las pérdidas introducidas tanto por los elementos pasivos como por el cable coaxial, usaremos amplificadores. El cable coaxial tiene un comportamiento altamente dependiente de la frecuencia, y la atenuación que introduce es función directa de la frecuencia de trabajo. A frecuencias altas la atenuación se eleva, mientras que a bajas frecuencias se reduce. Para compensar estas atenuaciones se introducen los llamados, amplificadores de extensión de línea, que en los actuales sistemas bidireccionales se componen de dos módulos: el amplificador de línea, que se encarga de las señales que tienen como origen la cabecera y como destino los abonados; y el amplificador de retorno

que, como su nombre indica, trata las señales que viajan en dirección contraria, por el canal de retorno.

Cuando una señal llega a un amplificador de extensión de línea, un duplexor en frecuencia separa las señales del canal de retorno y del canal descendente. Esta separación se realiza en frecuencia dado que ambos canales se le asignan un rango de frecuencias diferentes. Cada señal es pasada entonces al módulo que corresponda en cada caso, de los dos módulos existentes antes descritos, para su adecuada amplificación.

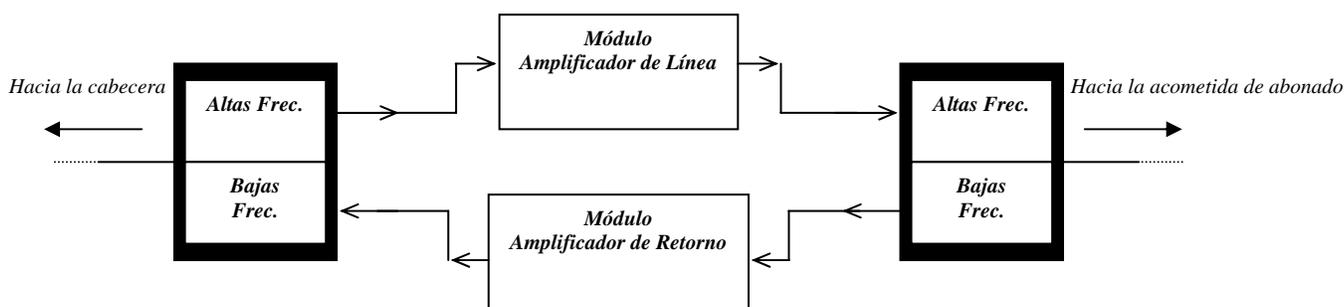


Figura 1.8 Estructura interna de un amplificador extensor de línea.

El amplificador de línea es un elemento no lineal que proporciona una determinada ganancia a la señal. Dado que estos amplificadores tratan de compensar las pérdidas introducidas por el coaxial y otros dispositivos, cuya respuesta es función de la frecuencia, la ganancia de los amplificadores también será función de la frecuencia. Se amplifican más las frecuencias altas que las bajas, ya que las primeras son las que sufren mayores atenuaciones.

En cuanto al amplificador de retorno, su estructura es mucho más simple que la del amplificador de línea, por tener que operar sobre un rango de frecuencias mucho más reducido. En cuanto al equilibrado del canal, es decir, en lo que respecta a como el amplificador se adapta a las pérdidas de cada tramo de coaxial en función de las condiciones de trabajo, el funcionamiento del amplificador de retorno es igual que el del amplificador de línea, teniendo en cuenta la diferente naturaleza de las pérdidas del canal de retorno frente al de difusión de la señal. (Wolters, 1996)

## 1.6 Cable Coaxial

Básicamente, un cable coaxial consta de un conductor central rodeado por una capa de material no conductor, llamado dieléctrico. El conjunto se encuentra cubierto por otro conductor, denominado conductor exterior. Tanto el conductor central como el exterior comparten un eje común, o lo que es lo mismo, son concéntricos.

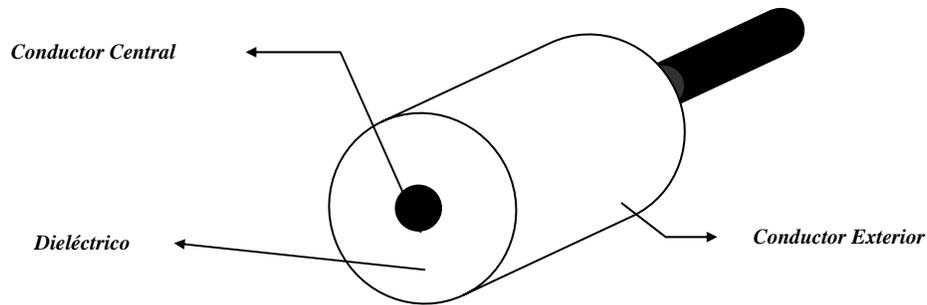


Figura 1.9 Estructura básica de un cable coaxial.

El conductor central, en esta configuración, será el elemento portador de la señal de radiofrecuencia y, en muchos casos, también de la energía eléctrica necesaria para la alimentación de diversos dispositivos de la red de distribución, como los amplificadores, o incluso de sistemas del abonado. Este conductor suele estar constituido por un núcleo central buen conductor recubierto por una película de material mejor conductor aún. Las combinaciones de conductores más usuales son núcleos de aluminio o acero recubiertos de cobre. Las principales razones que llevan a elegir una configuración de este tipo son:

- **Costo.** El cobre resulta demasiado caro como para hacer todo el conductor central de este material. Sin embargo, el aluminio y el acero son mucho más baratos pero de baja calidad para el transporte de señales.
- **Efecto Pelicular.** Por el momento valga con decir que en sistemas CATV la mayor parte de la señal viaja por la superficie del conductor central, por lo que sólo será necesario que esta superficie sea muy buena conductora.

La primera de las configuraciones mencionadas, de aluminio y cobre, suele usarse en la red de distribución. La otra, de acero y cobre, se usa principalmente en la acometida de abonado por tener menor sección y mejores propiedades mecánicas para este fin.

El conductor externo o cubierta cumple tanto la función de tierra o referencia, para la señal y para una posible alimentación, como la de aislar las señales interiores de posibles captaciones externas y evitar que las señales internas salgan al exterior. Suele estar constituido por un conductor como cobre o aluminio trenzados o laminados.

Otra característica fundamental de los cables coaxiales es la relación entre los diámetros del conductor interno y el externo, de la que dependerá en gran medida la atenuación del cable. Es decir, en función de las proporciones del coaxial, este será más apto para su uso en determinadas zonas de la red CATV. En la siguiente tabla se puede ver el uso recomendado de cada tipo de cable en función de su diámetro exterior y de la atenuación introducida por el mismo a una frecuencia intermedia de 400 MHz.

**Tabla 1.2 Atenuación en cable coaxial**

Coaxial	Uso	Diámetro Exterior	Atenuación a 400 MHz
		[mm]	[dB/100m]
Coax-3	Troncales. Líneas de baja atenuación.	21,6	3,91
Celflex ½"	Trayecto parábolas - cabecera.	16	4,40
Coax-½"	Líneas de baja atenuación.	14,7	4,83
RG-11 y Coax-6	Red de Distribución.	10	8,2
RG-59 y Coax-12	Acometida de abonado. Interconexión de equipos en cabecera	6,2	22

## 1.6.1 Comportamiento Eléctrico del Coaxial

### 1.6.1.1 Resistencia del bucle

Aunque para la mayoría de los cálculos eléctricos de un coaxial, se supone que los conductores que lo forman son ideales, esto no es así en la realidad. Tanto el conductor interno como el externo presentan una determinada resistencia al paso de corriente, que se suele especificar en unidades de resistencia por unidad de longitud, para facilitar los cálculos de cada tramo de cable o vano.

Lo más normal es que los fabricantes especifiquen para cada cable lo que se denomina resistencia de bucle o lazo, y que representa la resistencia conjunta que ofrecen el conductor exterior e interior considerados como un bucle eléctrico. La posibilidad de disponer de este dato facilita en gran medida los cálculos de enlaces de coaxial. Este parámetro se usa básicamente para calcular la alimentación necesaria en cada una de las

líneas de distribución. Si queremos calcular el voltaje necesario para alimentar una línea usaremos la expresión:

$$\text{Longitud de Coaxial (Km)} * \left[ \text{N}^\circ \text{ de Amplificadores en Cascada} * \frac{0,6}{(\text{A/Amplificador})} \right] * R_{\text{lazo}} (\Omega/\text{Km}) = \text{Voltaje Necesario (V)}$$

En ella se considera un consumo medio por amplificador de 0,6 A para su alimentación.

El valor de la resistencia de bucle, además de ser función directa de los materiales con los que está construido el cable, es inversamente proporcional a su diámetro exterior. Así, a mayores diámetros menor resistencia y a menores diámetros mayor resistencia, al igual que la atenuación.

### 1.6.1.2 Efecto pelicular

Eléctricamente, podemos caracterizar un cable coaxial mediante un circuito equivalente que incluya las resistencias e inductancias reales del conductor interno y externo, así como la relación entre ambos, dada por una capacidad y una resistencia. Más o menos, un circuito equivalente para un tramo de coaxial tendría la siguiente forma:

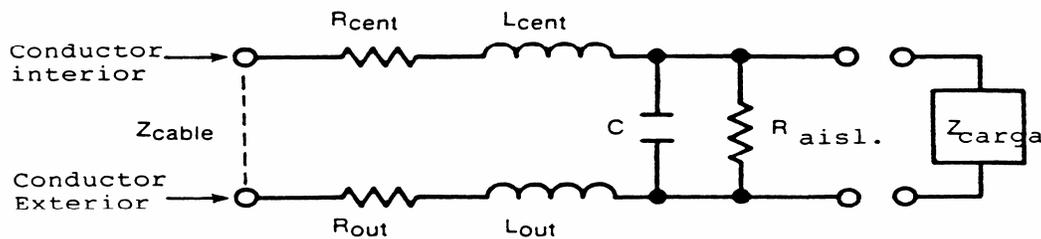


Figura 1.10 Circuito equivalente para un tramo de cable coaxial.

Analizando este circuito llegamos a la conclusión de que la impedancia del cable vendrá determinada por la expresión:

$$Z_{\text{cable}} = \sqrt{\frac{R_{\text{central}} + R_{\text{exterior}} + j2\pi f(L_{\text{central}} + L_{\text{exterior}})}{\frac{1}{R_{\text{aislamiento}}} + j2\pi fC}}$$

donde  $f$  representa la frecuencia de trabajo. Analizando esta expresión, vemos en primer lugar que cuando  $f=0$ , es decir, en corriente continua, la expresión se reduce a una relación de las resistencias de los conductores interno y externo. En este caso, obtenemos la

resistencia de lazo, ya comentada anteriormente. A bajas frecuencias, podemos aproximar la impedancia del cable por la resistencia de bucle, hasta los 50 Hz aproximadamente.

A altas frecuencias, la corriente en el conductor central tiende a desplazarse hacia la superficie del mismo. Esto sucede porque para altas frecuencias la atenuación introducida por el conductor aumenta al aumentar la resistencia. La corriente busca el paso de menor resistencia, y este es la superficie del conductor. Este efecto se denomina efecto pelicular y su consecuencia más apreciable es que a mayores frecuencias mayor atenuación introduce el coaxial. Por otra parte, este efecto nos permite usar metales de baja calidad conductora recubiertos con películas de muy buenos conductores como conductor central, con lo que se reduce considerablemente el costo.

#### *1.6.1.3 Impedancia característica*

Otro parámetro muy importante en coaxial es la impedancia característica. Esta es la impedancia del cable al suponer ambos conductores perfectos. En coaxial su valor es de unos  $75\Omega$ , como se puede comprobar despejando en la ecuación dada en el apartado anterior.

### **1.6.2 Conectores Coaxiales**

Tras lo expuesto anteriormente, es evidente que será fundamental para alcanzar una buena calidad en el sistema vigilar cuidadosamente no sólo el propio coaxial, sino los puntos de unión de este con otros dispositivos o medios. Esta importancia proviene que se deben evitar, en la medida de lo posible, reflexiones que degraden la señal, aumentando las pérdidas. Además, por ser puntos de unión, los conectores serán los puntos de la red más vulnerables a la influencia de fenómenos externos.

En realidad, y gracias al gran desarrollo de la tecnología de coaxial, existen conectores de alta calidad muy fiables, siempre que se instalen correctamente.

### **1.6.3 Atenuación en Coaxiales**

Como ya vimos al hablar del efecto pelicular, la atenuación en un coaxial aumenta con la frecuencia. Esto es muy importante en sistemas CATV ya que trabajamos con un amplio rango de frecuencias, algunas de ellas muy altas. Por tanto, los amplificadores que tendremos a lo largo de las líneas de distribución tendrán que amplificar más las señales de

frecuencias altas que las de frecuencias bajas, para compensar la mayor atenuación sufrida por las primeras en el coaxial.

Si conocemos la atenuación introducida por el coaxial a una determinada frecuencia, podemos obtener la atenuación introducida por el mismo a otras frecuencias, de forma aproximada, aplicando la expresión:

$$\text{Atenuación a } f_2 = \text{Atenuación a } f_1 \cdot \sqrt{\frac{f_2}{f_1}}$$

con  $f_1$  la frecuencia para la cual conocemos la atenuación y  $f_2$  la frecuencia para la que deseamos conocer la atenuación. Normalmente, los fabricantes especifican la atenuación introducida por el cable en un tramo de 100 metros del mismo para varias frecuencias, pudiendo usarse la ecuación anterior para caracterizar el comportamiento del coaxial en todo el espectro usado en el sistema CATV.

También la temperatura de trabajo influye en gran medida sobre la atenuación introducida por el coaxial. Al aumentar la temperatura, la resistividad de los conductores aumenta solidariamente. Este aumento de resistividad se traduce en un aumento de las pérdidas introducidas por el coaxial. La relación entre el incremento o decremento de temperatura y el aumento o disminución de la atenuación introducida es normalmente lineal y se estima que una variación de 5,6 °C en la temperatura genera una variación en igual sentido del 1% en la atenuación. Para compensar este efecto, los amplificadores del recorrido de coaxial también estarán equipados con un mecanismo de compensación dependiente de la temperatura, que variará la ganancia introducida en función de la misma.

## 1.7 Fibra Óptica

Una fibra óptica consta, básicamente, de un núcleo central de un material con alto índice de refracción, como el cristal o materiales plásticos, cuya función es conducir la luz. Este núcleo está recubierto por otro material de bajo índice de refracción, llamado revestimiento, que impide la salida de la luz del núcleo. La diferencia de índices de refracción entre el núcleo y el revestimiento provoca que la luz se refleje en la superficie de unión de ambos materiales, quedando confinada la luz en el interior del núcleo.(Grébol, 2006).

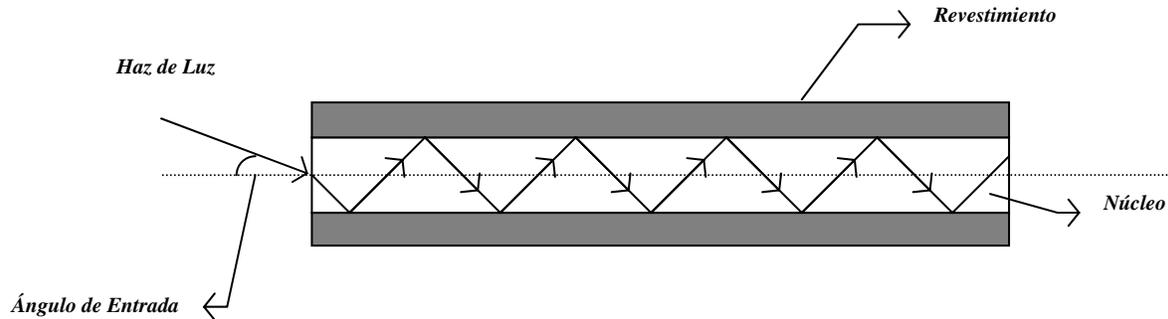


Figura 1.11 Estructura Básica de una Fibra Óptica.

### 1.7.1 La Fibra Óptica en CATV

Actualmente, y ante la generalización de las redes HFC, es normal encontrarse redes troncales de fibra óptica, las razones fundamentales que hacen recomendable el uso de esta tecnología en CATV son:

- Presenta un ancho de banda mucho mayor que el cable coaxial.
- Mayor flexibilidad en el diseño de la red, ya que facilita la implantación de servicios bidireccionales.
- Ofrece una calidad muy alta de transmisión punto a punto.
- Reduce de forma apreciable el número de amplificadores en cascada necesarios para un buen funcionamiento del sistema, comparado con coaxial. Esto es una gran ventaja tanto por eliminar dispositivos susceptibles de fallos como por que los amplificadores introducen ruido, y cuantos menos tengamos en cada línea mejor.
- No se ve afectado por señales externas de radiofrecuencia ni emite señales al exterior, evitando interferencias con otros sistemas.
- Presenta una atenuación muy pequeña, por lo que podemos construir tramos de cable o vanos de mucha longitud (hasta 20 Km.).

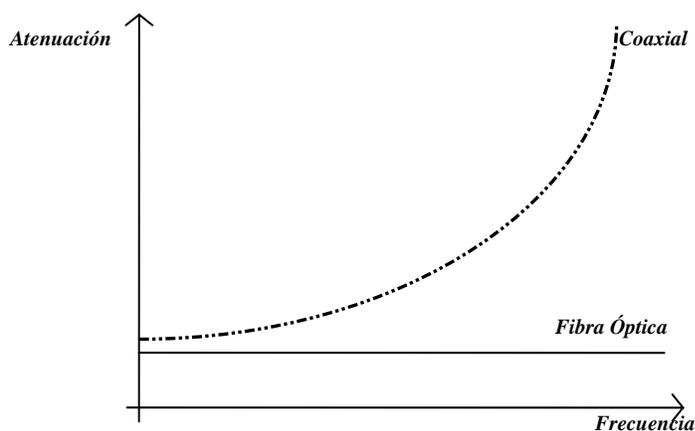


Figura 1.12 Atenuación en fibra frente a atenuación en coaxial.

- Presenta también unas cualidades mecánicas muy buenas. Es fácil de transportar e instalar.
- La generalización de la tecnología de fibra óptica en las comunicaciones en los últimos años ha provocado un descenso en el precio de todos los componentes relacionados con ella. Asociada a la bajada de precios ha aparecido un aumento en las prestaciones de todos los dispositivos ópticos.

Estas son algunas de las razones principales que han llevado a los responsables de sistemas CATV a adoptar esta tecnología, principalmente en la red troncal, aunque no se descarta una implantación más profunda en el futuro.

## 1.7.2 Dispositivos Ópticos

### 1.7.2.1 Activos

Asociada a la tecnología de fibra óptica aparecen en los sistemas CATV algunos dispositivos que permiten el trabajo con este medio de transmisión. El más importante de todos ellos es, el nodo óptico, encargado de recibir las señales ópticas procedentes de la cabecera, convertirlas a radiofrecuencia y reenviarlas sobre la red de distribución de coaxial. También realizará la operación inversa en el canal de retorno, recibiendo en radiofrecuencia las señales procedentes de los abonados y reenviándolas hacia la cabecera convertidas ya en señales luminosas.

### 1.7.2.2 Pasivos

Otros dispositivos ópticos importantes son los pasivos, dentro de los cuales destacan los empalmes, conectores y divisores, es importante destacar que todos ellos introducen pérdidas, al igual que sus homólogos en coaxial, aunque muy reducidas. Además su número en la red será pequeño por permitir la fibra enlaces muy largos y usarse poco los divisores.

## 1.8 Fibra hasta el hogar

La tecnología de telecomunicaciones FTTH<sup>3</sup>, se basa en la utilización de cables de fibra óptica y sistemas de distribución ópticos adaptados a esta tecnología para la distribución de servicios avanzados, como el *triple play*, telefonía, Internet, TV y HDTV a los hogares y negocios de los abonados. Esta tecnología permite crear redes de 100Mbps simétricas (misma velocidad de datos de subida y bajada), combinando fibra óptica y redes de cobre.

Equipos y tecnologías nuevas hacen factible instalar fibra hasta el hogar a un costo más bajo que hace unos años. Una vez hecha la conexión de fibra, los proveedores pueden ofrecer servicios de comunicación que incluyen teléfono, televisión por cable, video bajo petición (*video on demand*), servicios de pago por visión (*pay per view*) y acceso a Internet de banda ancha.

Los servicios futuros como la alta definición de televisión HDTV necesitan una mayor capacidad de ancho de banda, solo para conseguir una emisión HDTV, es recomendable una conexión superior a 20Mbps, sin contar con usar al mismo tiempo otros servicios del conocido triple play (video, teléfono e Internet). Las alternativas inalámbricas para las redes de computadoras no pueden proporcionar HDTV y de hecho tienen problemas para proporcionar la definición estándar de televisión, además con FTTH se pueden ofrecer otros servicios adicionales como vídeo-llamadas mediante VoIP para la transmisión de voz. (Kim et al., 2006)

El equipar una red de fibra existente con dispositivos electrónicos nuevos y con láser que pulsan la luz más rápido o que usan diferentes longitudes de ondas de luz, puede

---

<sup>3</sup> FTTH: Fiber To The Home. Fibra hasta el hogar.

---

aumentar enormemente la disponibilidad de la amplitud de la banda sin cambiar la fibra misma. Por eso se dice que las redes de fibra están a prueba del futuro. (Kim, 2003)

### **1.8.1 Ventajas de la fibra hasta el hogar**

- FTTH es la única tecnología que provee suficiente ancho de banda, es confiable y a un costo adecuadamente bajo como para satisfacer las exigencias de los clientes de la próxima década.
- FTTH también es la única tecnología que satisfará las necesidades del futuro previsible, cuando la televisión y los juegos en 3D, alta definición de halografía (productos que ya se usan en la industria y en las mesas de dibujo en las firmas de productos electrónicos para el consumidor) se usen todos los días. Piense, dentro de una década, de 20 a 30Gbps.
- FTTH ya está proporcionando servicios de alto margen, los cuales los consumidores están dispuestos a pagar mucho más que por televisión por cable tradicional.

## **CAPÍTULO 2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y VARIANTES DE DISEÑO.**

### **2.1 Fibra óptica como medio de transmisión**

#### **2.1.1 Especificaciones**

La fibra óptica actúa como una guía de la luz, manteniéndola dentro del núcleo en todo momento. En función de los índices de refracción de los materiales usados para la fabricación del núcleo y el revestimiento, y también en función del ángulo de entrada de la luz en la fibra tendremos un determinado ángulo de reflexión de la luz en las paredes del núcleo. En función de este ángulo, las reflexiones serán más o menos frecuentes y con ello los trayectos entre las mismas serán más o menos cortos. Estas diferentes formas o modos de propagación de la luz en la fibra dan lugar a la división de estas en dos tipos principales.

Las fibras monomodo, o de alta categoría, son aquellas en las que sólo se propaga un modo luminoso, siendo un sistema de este tipo óptimo para señales de banda ancha y altas frecuencias, justo las necesidades típicas en CATV. Por ello, este tipo de fibras son las más usadas en redes de televisión por cable. Para conseguir este tipo de fibras, el núcleo de las mismas ha de ser muy pequeño en diámetro, y la diferencia de índices de refracción entre núcleo y revestimiento ha de ser relativamente pequeña.

Evidentemente, para transmitir una señal sobre fibra óptica esta señal ha de ser luminosa. Lo que haremos será modular una fuente de luz con la señal de radiofrecuencia a transmitir, y en el receptor haremos la operación inversa. Como transmisor se suele usar el láser y como receptores los fotodiodos.

### 2.1.2 Transmisión en fibra óptica

En la propagación de la luz sobre la fibra óptica aparecen principalmente dos efectos que degradan la calidad de la señal. El primero de ellos es la atenuación, debida a pérdidas básicas asociadas a la propia naturaleza o a imperfecciones de la fibra. El segundo es la dispersión, debida por una parte a la difusión de la luz al desplazarse dentro de la fibra (dispersión cromática) y por otra parte al efecto de tener diferentes longitudes de onda desplazándose a diferentes velocidades (dispersión modal). Estudios de ambos parámetros llevaron a concluir que ambos efectos se minimizan para unas longitudes de onda concretas, denominadas ventanas de transmisión o simplemente ventanas.

La primera ventana se sitúa entorno a los 780 - 850nm de longitud de onda. En ella la atenuación es de unos 3,5 dB/Km y la dispersión es relativamente alta, lo que la convierte en una mala elección para enlaces largos. En CATV no se usa.

La segunda ventana se sitúa en los 1310nm de longitud de onda, presentando una atenuación baja, de unos 0,6 dB/Km y una dispersión prácticamente nula. Sus características la convierten en una elección muy atractiva para redes de cable HFC.

La tercera ventana presenta la menor atenuación de todas, del orden de 0,3 dB/Km, pero alta dispersión, y se sitúa a una longitud de onda de 1550nm. Al existir fibras monomodo con dispersión desplazada, que minimizan este efecto para tercera ventana, también se usa esta ventana para sistemas CATV, pero siempre usando la fibra especial de dispersión desplazada.

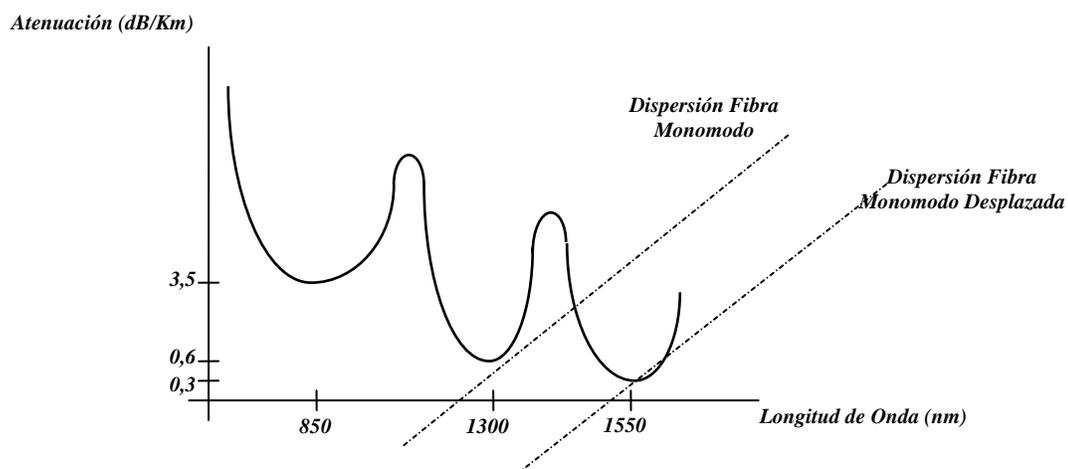


Figura 2.1 Ventanas de Transmisión en Fibra Óptica.

Por tanto, en sistemas CATV, es normal encontrarse con sistemas que usan segunda y tercera ventana, principalmente la primera de ellas. La razón más importante para esta elección es que en ellas la dispersión es mínima, y como el ancho de banda disponible en una fibra óptica es inversamente proporcional a la dispersión, estas ventanas serán las que mayor ancho de banda nos proporcionen.

## **2.2 Cable Coaxial como medio de Transmisión**

### **2.2.1 Velocidad de propagación**

En los cables coaxiales la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es inferior a la misma en espacio libre, considerándose esta última la velocidad de la luz. Esta velocidad de propagación particular para el coaxial vendrá relacionada con la impedancia característica que presente el medio. Los fabricantes especifican esta velocidad de propagación como un porcentaje de la velocidad de propagación en espacio libre, siendo valores normales entre un 84 y un 87 %.

El efecto de mayor importancia debido a esta diferencia de velocidad es que si tenemos dos señales de igual frecuencia viajando, una por el aire, y otra por un coaxial, llegaran al receptor con un cierto desfasaje, por tener diferentes velocidades de propagación, apareciendo problemas de imágenes dobles o ecos. Los sistemas CATV se protegen ante este problema emitiendo sobre la red los canales de difusión convencional a frecuencias distintas de aquellas con las que se radian localmente.

### **2.2.2 Reflexiones**

La importancia de la impedancia característica proviene principalmente de su influencia en los fenómenos de reflexión. Cuando una onda electromagnética pasa de un medio con una impedancia característica a otro medio con otra impedancia diferente, parte de la señal se refleja, no pasando de un medio al otro. De ahí que sea tan importante mantener todos los elementos de la red CATV con una impedancia próxima a la del coaxial, con el objetivo de evitar reflexiones que redundan en la pérdida de potencia de la señal.

El fenómeno de la reflexión se cuantifica mediante el llamado coeficiente de reflexión ( $\rho$ ), que relaciona las tensiones de la onda incidente y la reflejada. Su valor ideal

sería cero (no hay reflexión). Otro parámetro muy usado en la cuantificación de la reflexión es el VSWR<sup>4</sup>, o relación de tensiones de onda incidente y reflejada, cuyo valor ideal es la unidad en caso de no existir reflexión, la expresión viene dada por:

$$VSWR = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

Como en sistemas CATV interesa cuantificar todos los fenómenos en forma de las pérdidas que introducen, para cuantificar las reflexiones se usan las llamadas pérdidas de retorno, que indican las pérdidas en el sentido inverso de la señal. Es decir, cuantas menores reflexiones tengamos, menor señal tendremos reflejada, y por tanto mayores pérdidas registraremos en el retorno. Así, en el caso ideal en que el coeficiente de reflexión es cero las pérdidas de retorno son infinitas, ya que no se recibe señal alguna en el sentido inverso al de propagación. Matemáticamente, la expresión de estas pérdidas vendrá dada por:

$$Pérdidas\ de\ retorno\ (dB) = 30 \log \frac{1}{\rho}$$

## 2.3 Nodo Óptico

Un nodo óptico es el elemento que finaliza la red troncal de fibra óptica y del que nacen las ramas coaxiales de la red de distribución, este está formado por un receptor óptico, que recibe las señales ópticas del canal descendente procedentes de la cabecera y las convierte en señales eléctricas, para su transmisión sobre el coaxial, y por un transmisor óptico, que se encarga de transmitir las señales del canal de retorno o ascendente convirtiendo señales eléctricas en ópticas. (Aldana, 2007)

### 2.3.1 Receptor Óptico

Presente, como hemos visto, en los nodos ópticos, también será necesario en la cabecera para recibir las señales del canal ascendente. Su función es la de convertir las señales ópticas que reciben en señales eléctricas, siendo la información de ambas señales equivalente. Fundamentalmente, un receptor óptico se compone de:

---

<sup>4</sup>VSWR: Voltage Standing Wave Ratio. Relación de voltaje de onda estacionaria.

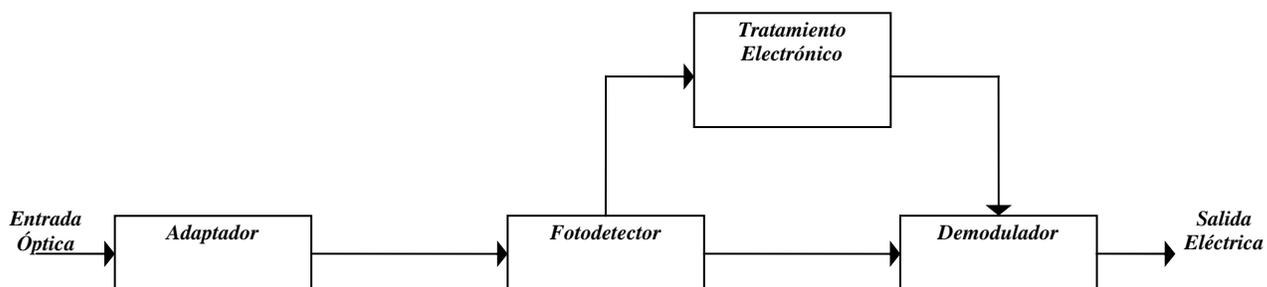


Figura 2.2 Diagrama de Bloques de un receptor óptico.

En primer lugar, el adaptador se encarga de adaptar la señal luminosa de entrada al fotodetector para mejorar la detección en el mismo. El fotodetector es el que, en respuesta a los impulsos luminosos recibidos, genera señales eléctricas equivalentes. (Droubi et al., 2000)

Por último, y en función de la modulación usada, tenemos un demodulador para recuperar la señal original. En ocasiones es conveniente utilizar un tratamiento electrónico de la salida del fotodetector, ya que es posible que esta salida no se adecue a las necesidades del demodulador.

Los receptores ópticos son elementos que se han beneficiado en gran medida de los avances en el campo de la fotónica en los últimos años. Por ello, son elementos relativamente baratos, ofreciendo una calidad muy alta.

### 2.3.2 Transmisor Óptico

Presentes tanto en los nodos ópticos, con la función ya especificada, como en las cabeceras, para transmitir la señal óptica del canal descendente, estos dispositivos son elementos fundamentales de las redes HFC. Su función es la de convertir señales eléctricas en señales ópticas que serán transmitidas sobre una fibra. Los elementos básicos de un transmisor óptico son:

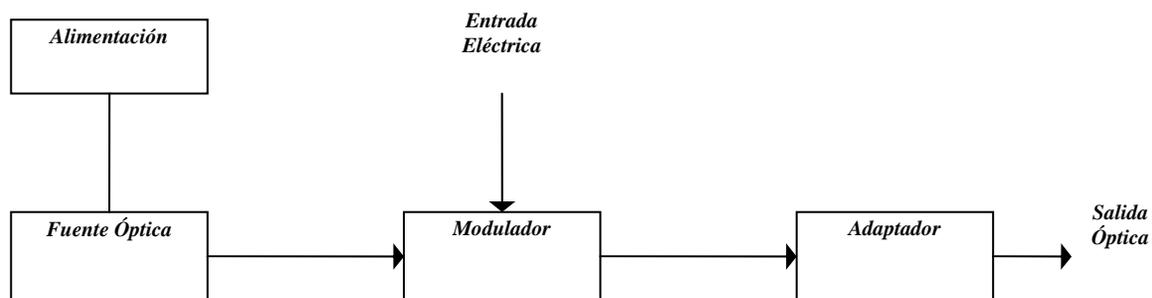


Figura 2.3 Diagrama de bloques de un transmisor óptico.

El elemento principal es la fuente de luz. Para los sistemas de comunicaciones ópticas en general se usan tanto diodos emisores de luz como láser. Pero en CATV se usa exclusivamente láser ya que emite una mayor potencia y tiene un ancho de banda espectral más estrecho. Aunque normalmente se puede modular directamente la fuente de luz, en ocasiones se usan moduladores externos, como se puede ver en la figura 2.3. El adaptador concentra la señal luminosa mediante una lente sobre la fibra óptica para introducir en esta la mayor parte de señal luminosa posible.

Al hablar de fuentes de luz indicamos que no sólo la mayor potencia de transmisión nos decide a usar láser en sistemas CATV. También juega un papel importante en esta elección el ancho de línea del láser o ancho de banda. Todo emisor de luz emite señal luminosa a la longitud de onda nominal fijada en el dispositivo y a las longitudes de onda próximas a esta, siendo imposible emitir una sola longitud de onda. Es decir, el ancho de línea se refiere al ancho del espectro de emisión del dispositivo. Cuanto menor sea el ancho de línea, mejor calidad tendrá el sistema por tener pocas interferencias entre rayos de luz a diferentes longitudes de onda. El ancho de línea de los diodos emisores de luz o LED es muy grande, lo que les hace poco aptos para CATV.



### 2.4.1.2 Estructura de un Receptor QAM

El desempeño del receptor es simplemente el proceso inverso del transmisor, lo cual se muestra en la figura 2.5, con  $H_r$  la respuesta de frecuencia del filtro en el receptor.

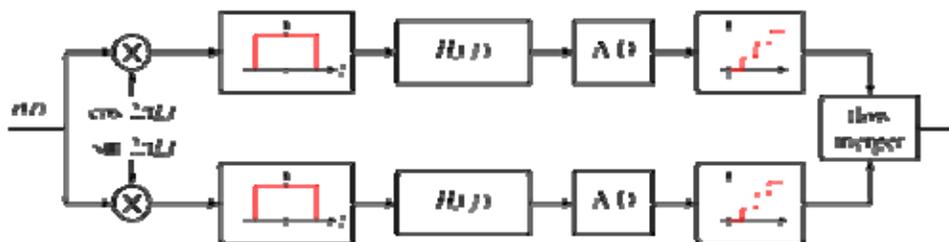


Figura 2.5 Receptor QAM.

Multiplicando por un coseno (o un seno) y pasando la señal resultante por un filtro paso bajo es posible extraer la componente en fase (o en cuadratura), ahí tendremos un demodulador ASK y los dos flujos de datos son combinados posteriormente.

### 2.4.2 Modulación QPSK.

La modulación por desplazamiento de fase o PSK es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.

Dependiendo del número de posibles fases a tomar, recibe diferentes denominaciones. Dado que lo más común es codificar un número entero de bits por cada símbolo, el número de fases a tomar es una potencia de dos. Así tendremos BPSK con 2 fases, QPSK con 4 fases (equivalente a QAM), y así sucesivamente. A mayor número de posibles fases, mayor es la cantidad de información que se puede transmitir utilizando el mismo ancho de banda, pero mayor es también su sensibilidad frente a ruidos e interferencias. Debido a su mayor simplicidad frente a la modulación QAM, PSK se utiliza con frecuencia en el canal de retorno y por consiguiente es una modulación ampliamente extendida.

Las modulaciones BPSK y QPSK<sup>8</sup> son óptimas desde el punto de vista de protección frente a errores. Conceptualmente hablando, la diferencia entre distintos

<sup>8</sup> **QPSK: Quadrature Phase Shift Keying.** Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura.

símbolos (asociados a cada fase) es máxima para la potencia y ancho de banda utilizados. No pasa lo mismo con 8-PSK, 16-PSK o superiores, particularmente en redes HFC se utiliza QPSK. La gran ventaja de las modulaciones QPSK es que la potencia de todos los símbolos es la misma, por lo que se simplifica el diseño de los amplificadores y etapas receptoras (reduciendo costos), dado que la potencia de la fuente es constante.(Gardner, 1986).

Por consiguiente se denomina QPSK al desplazamiento de fase de 4 símbolos, desplazados entre sí  $90^\circ$ . Normalmente se usan como valores de salto de fase  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ , y  $315^\circ$  como se muestra en la figura 2.6. Cada símbolo aporta 2 bits. Suele dividirse el flujo de cada bit que forman los símbolos como I y Q.

El diagrama de constelación muestra 4 símbolos equiespaciados. La asignación de bits a cada símbolo suele hacerse mediante el código Gray, que consiste, en que entre dos símbolos adyacentes los símbolos solo se diferencian en 1 bit. Esto se escoge así para minimizar la probabilidad de error de bits.

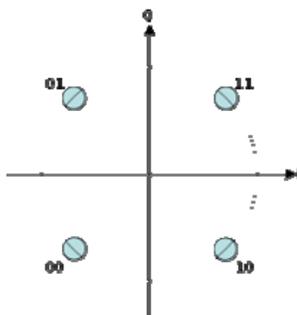


Figura 2.6 Valores de salto de fase.

En el transmisor La cadena de datos binario es separada en fase y componentes en cuadratura de fase. Estas se modulan separadamente usando 2 sinusoides, después ambas señales son superpuestas y se obtiene como resultado una señal QPSK.

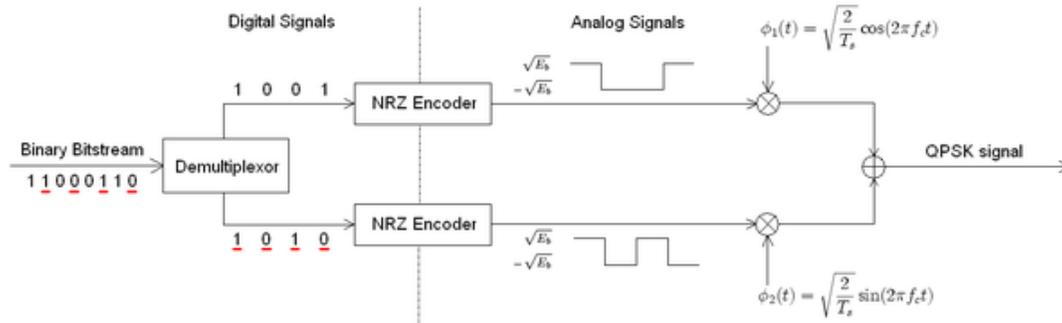


Figura 2.7 Transmisor QPSK

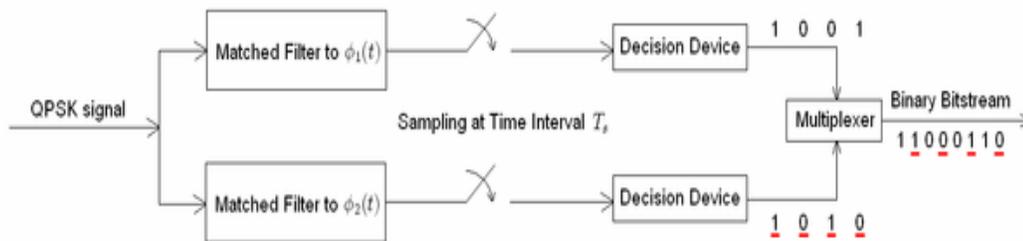


Figura 2.8 Receptor QPSK.

### 2.4.3 Multiplexación WDM

Dentro de la familia de tecnologías WDM<sup>9</sup>, la económicamente más competitiva en cortas distancias es la CWDM (*Coarse WDM*). (Nebeling, 2001) La tecnología CWDM se beneficia del menor costo de los componentes ópticos asociados a una tecnología menos compleja, que aunque limitada en cuanto a capacidad y distancia, se adapta perfectamente a las necesidades de las redes empresariales y metropolitanas de corta distancia. (Banerjee et al., 2005)

En las redes HFC se utiliza CWDM para la multiplexación, donde diferentes longitudes de ondas son usadas para las señales de descenso y ascenso (Fernández-Fontecha et al.). En estos sistemas las longitudes de ondas usadas son con frecuencia separadas extensamente, por ejemplo las señales de ascenso pueden ser en 1310nm mientras las señales de descenso en 1550 nm. (Kitayama et al., 2006)

<sup>9</sup> **WDM: Wavelength Division Multiplexing.** Multiplex por división en longitud de onda.

### 2.4.3.1 Estructura de un sistema 1310.

Se propone un sistema multiplex por división en longitud de ondas (WDM) en la banda de 1300nm, con su centro en 1380nm, con portadoras separadas 10nm, tendremos un espectro como el de la figura 2.9:

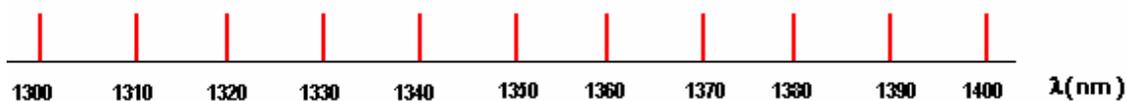


Figura 2.9 Espectro en 1310nm.

Las longitudes de onda están suficientemente separadas como para permitir gran ancho de banda en un mismo hilo de fibra y en la modulación. La longitud de onda central se utiliza para canal de control y el resto para canales de datos CWDM, como se dispone de 10, 5 se pueden utilizar en una dirección y 5 en la otra. A una longitud de onda, le corresponde siempre una y sólo una de las restantes, para la transmisión en la otra dirección. Podrían designarse pares tales como 1300nm – 1360nm, 1310nm – 1370nm, y así sucesivamente.

## 2.5 Propuesta de Diseño Kathrein

En esta propuesta de diseño se trabaja con un CMTS<sup>10</sup> en la cabecera y cable modems como equipos terminales en el extremo de los usuarios.

### 2.5.1 Solución Técnica

Fibras Ópticas de baja pérdida transportarán las señales desde la estación central (cabecera) hasta los bloques donde serán convertidas a señales RF y transportadas hasta las habitaciones del hotel usando cables coaxiales optimizados por su costo.

<sup>10</sup> CMTS: Cable Modem Termination System. Sistema de Terminación por Cable Modem.

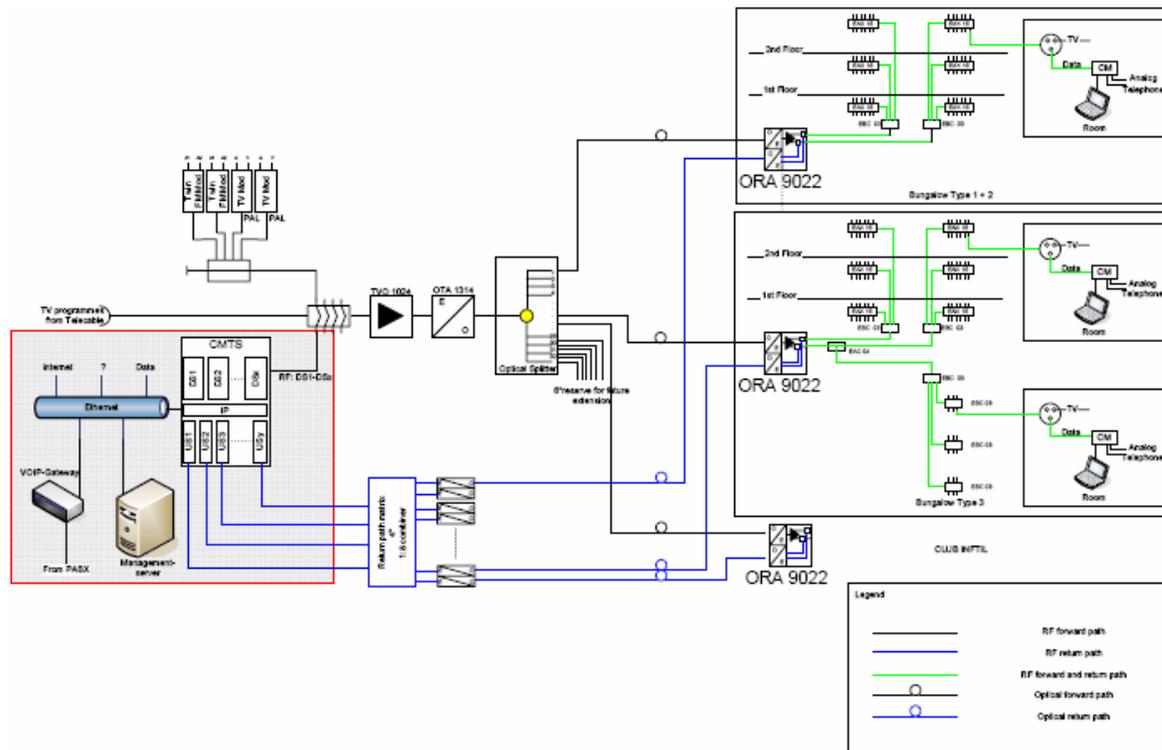


Figura 2.4 Transmisión y canal de retorno.(Deidesheimer, 2006)

## 2.5.2 Cabecera

### 2.5.2.1 Programas de radio y TV

En esta oferta procedemos asumiendo que los programas básicos de TV serán entregados por un operador de CATV, en este caso es Telecable Internacional. Con moduladores adicionales 4 canales de radio de FM y 2 canales de TV pueden ser generados desde reproductores de DVD, PC u otras fuentes.(Deidesheimer, 2005)

### 2.5.2.2 Internet

Todas las transmisiones de datos basadas en el protocolo de Internet (IP) se manejan usando el estándar DOCSIS<sup>11</sup>.

En la cabecera un CMTS DOCSIS convertirá los datos IP a una señal digital modulada (QAM) para su transmisión por la red de CATV.

En las habitaciones del hotel un cable modem es el producto de contrapartida que finalmente re-convierte los datos IP de las señales RF recibidas. Si se desea ofertar un servicio de VoIP, el teléfono analógico puede ser conectado directamente al cable modem.

<sup>11</sup> DOCSIS: Data Over Cable Systems Interface Specifications.

La comunicación bidireccional está asegurada, usando un canal de retorno en toda la red en un rango de frecuencia de 5 – 42 MHz

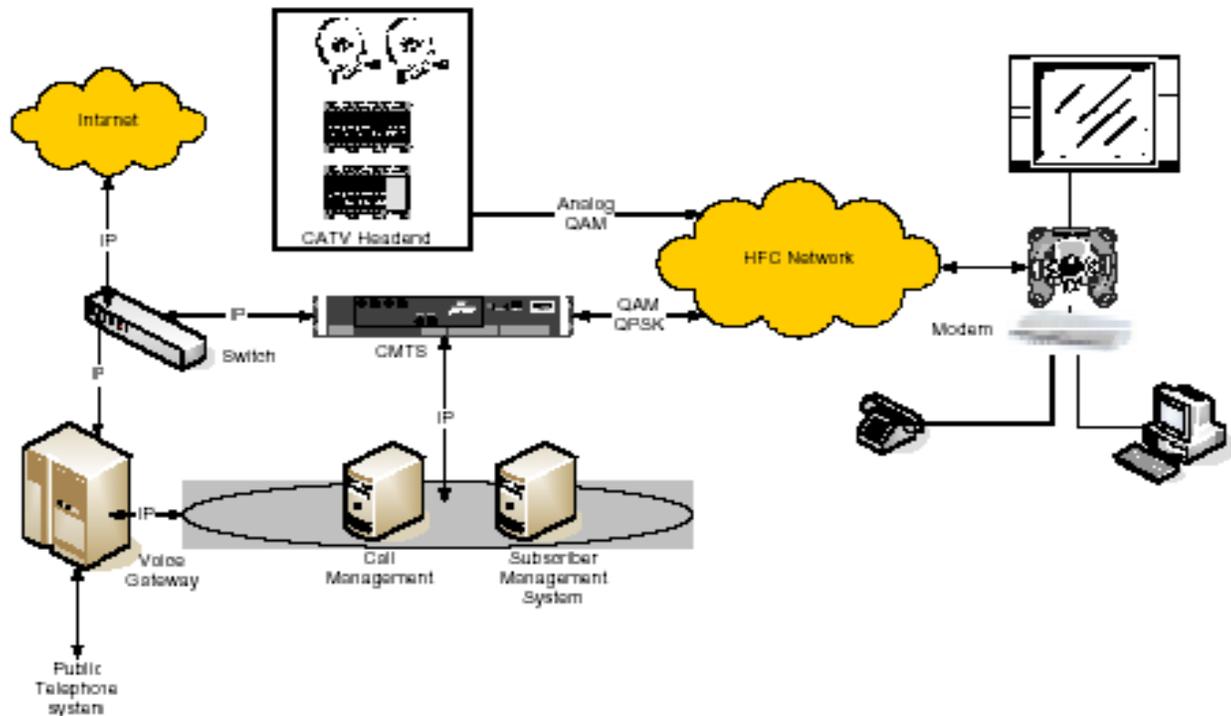


Figura 2.5 Estructura del modelo de Kathrein. (Kathrein-Werke, 2005)

### 2.5.3 Rendimiento

#### 2.5.3.1 Parámetros técnicos

Ancho de banda para señales de TV y radio: 85-830 MHz

Velocidad máxima teórica para servicios de IP por cada canal:

Bajada (*Downstream*): 40 Mbps

Subida (*Upstream*): 30 Mbps

Velocidad máxima teórica para cada modem (abonado)

Bajada: 40 Mbps

Subida: 10 Mbps

Para alcanzar un rendimiento adecuado (1500 conexiones de teléfono, sin Internet en las habitaciones) se recomienda usar un CMTS de al menos 5 canales de bajada y 4 canales de subida.

## 2.5.4 Distribucion de la señal.

### 2.5.4.1 Combinación de señal y distribución óptica

Todas las señales de la distribución del camino de descenso se combinan en la cabecera para obtener los niveles de señal requeridos. La señal combinada se distribuye entonces a los transmisores ópticos. La señal óptica es dividida para alimentar los puntos de recepción. Se recomienda el uso de divisores ópticos para permitir futuras extensiones.

### 2.5.4.2 Distribución interna de los edificios

Se usan receptores ópticos de alto rendimiento (nodos) para dar servicio a los edificios individuales.

El receptor óptico ofrece una señal RF con un nivel de hasta 112dB $\mu$ V en cada una de sus dos salidas. Este nivel de señal es suficiente para dar servicio a todas las habitaciones del edificio con sólo una red coaxial pasiva de topología en estrella. Esto garantiza bajos costos en equipamiento y una alta fiabilidad del sistema.

En cada habitación del hotel u otros puntos de conexión un *socket* de modem será instalado. Un televisor puede ser conectado directamente al *socket*. Si es necesario se puede instalar un divisor para dar señal a más televisores desde un *socket*.

## 2.6 Propuesta de Diseño Solución Integral FTTH

### 2.6.1 Tecnologías correintes de acceso FTTH

1. Pocas fibras ópticas
2. Vías ópticas y transparentes
3. La máxima distancia de transmisión es 20 Km.
4. Distribuidor óptico pasivo funciona con confiabilidad
5. Dan un salto cualitativo en cuanto al ancho de banda para la red de acceso y pueden ofrecer un ancho de banda simétrico de 100Mbps a 1Gbps para la red de baja y subida
6. Soportan QoS para cada abonado
7. Soporta la modulación QAM

FTTH Infraestructura(Potevio, 2008b)

- Sala de Equipos

- Subsistema de la red troncal FO
- Subsistema de cableado de FO
- Subsistema de introducción de cables FO
- Subsistema de terminales

## **2.6.2 Equipamiento de recepción y transmisión**

### *2.6.2.1 OLT (Optical Line Terminal)*

1. Estructura compacta
2. Acceso para múltiples servicios
3. Amplio ancho de banda y *switch* sin obstáculo
4. Alta velocidad de subida
5. Alimentación principal y auxiliar para componentes claves
6. Integración de redes *Triple-Play* (voz, video y datos)

### *2.6.2.2 ONU (Optical Network Unit)*

1. Líneas: 1Gbps simétrico subida y bajada
2. Distancia 0-20 Km.(MAX)
3. Prestaciones
  - Registro automático en la subida
  - Configuración remota
  - Alarma automática
4. Características físicas
  - Temperatura de trabajo de -5°C a 45°C
  - Humedad de 5% a 95%
  - Alimentación DC12V /AC220V
  - Instalación 19" sobre la mesa/colgada en la pared
  - Batería eléctrica 4/8 horas

### 2.6.3 Equipos de protección óptica

Se refieren a detectar la conexión y desconexión de señales por el monitoreo a tiempo real de señales de la fibra principal y la de respaldo. Se conmuta para el uso de las fibras de respaldo automáticamente en caso de desconexión.(Potevio, 2008a)

Protegen la comunicación óptica para los abonados importantes elevando eficientemente la capacidad QoS (calidad de servicio) del operador. Se despilfarran los recursos de acceso de PON si adopta el modo de duplicar los accesos incrementando los gastos de inversión FTTH.(Chandrasekaran et al., 2003)

#### 2.6.3.1 Características tecnológicas

- Avanzada tecnología de detección de señales ópticas y señales de alta velocidad
- Apto por división en dos niveles o múltiples niveles
- No afectan datos y la transmisión de CATV
- Interruptores confiables fabricados por la empresa OPLINK de EEUU
- Ponen los equipos de protección en OLT
- Dos entradas para divisor no necesitando añadir otros equipos de protección
- Matriz de puntos 128×64 para facilitar la puesta en marcha y el mantenimiento
- Inserción de unidades de 4U suportando la protección para 10 sentidos
- Dos módulos de alimentación
- Facilidad en la migración

### 2.6.4 Divisor óptico

Se refiere a la unidad de operaciones que distribuye las señales ópticas tras la primera distribución. Pueden emplear el divisor PLC.(Inoue et al., 2005)

#### 2.6.4.1 Características de divisor PLC

- Pleno ancho de banda suportando FTTH 1260—1650nm
- Baja pérdida de inserción

- 
- Uniformidad de índices en múltiples vías
  - Suportando división en múltiples niveles como  $1 \times 32$   $1 \times 64$

## **CAPÍTULO 3. PROPUESTA DE DISEÑO**

### **3.1 Estructura física**

La empresa Telecable Internacional es la rectora, en todo el país, en la recepción y distribución de señal de TV vía satélite a todos los clientes que lo soliciten y que por su objetivo social se le apruebe por los organismos superiores.

La provincia de Villa Clara, ubicada en la porción central de Cuba, participa también en el dinámico desarrollo que muestra la industria del turismo y el entretenimiento en nuestra Isla, apoyada, en los atractivos de una naturaleza única, y en su historia.

La estrategia de expansión del turismo va incluso más allá de la llamada isla grande, al dirigir la mirada hacia los territorios que se integran en la Cayería Norte, con varios kilómetros de excelentes playas y un entorno prácticamente virgen.

Un pedraplén sobre el mar de 48km de extensión sirve de enlace entre la mayor ínsula del archipiélago cubano con la Cayería Norte de la provincia, con alrededor de 78 mil hectáreas de extensión geográfica, que comprende entre otros, los cayos Santa María, Las Brujas, Ensenachos, Cobos, Majá, Fragoso, Francés, Las Picúas y Español de Adentro.

En el caso de nuestra provincia el mayor número de clientes contratados por la empresa Telecable Internacional y donde el crecimiento continuará es en la Cayería Norte.

Actualmente existen 6 hoteles en la cayería con un número de puntos de recepción de la señal de TV y servicios de datos que varía en dependencia a la capacidad de cada instalación como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.1 Distribución de puntos de recepción por instalación hotelera**

<b>Hotel</b>	<b>Cantidad de puntos</b>
Ensenachos	550
Sol Cayo Santa María	300
Meliá Cayo Santa María	360
Meliá Las Dunas	990
Barceló I Cayo Santa María	1356
Barceló II Cayo Santa María	1356
<b>Totales</b>	
<b>Hoteles 6</b>	<b>Puntos 4912</b>

Es importante señalar que teniendo en cuenta el futuro crecimiento de este polo la variante ha sido diseñada para un ancho de banda de 862 MHz pues esto permitiría tener un soporte que pueda asimilar cualquier mejora del sistema de distribución incluyendo, la bidireccionalidad de la red. Esto permitiría también la colocación de módulos y sistemas de monitoreo de fallas en varios puntos de la red lográndose de esta forma una ubicación rápida de averías de forma remota.

### **3.2 Estructura de la cabecera**

La cabecera se diseñará de forma tal que se vean todos los puntos terminales independientes en forma de estrella, esto lo facilita la propia fabricación de los cables de fibra óptica pues los mismos tienen distintas cantidades de pares de hilos, permitiendo poder usar una topología tipo estrella, minimizando de este modo los efectos nocivos del ruido a baja frecuencia en el canal de retorno que provienen de los abonados.

Es necesario habilitar 6 salidas ópticas y 6 entradas de canal de retorno puesto que son 6 las instalaciones hoteleras (aunque en algunos años esta cantidad debe aumentar según el plan de inversiones de la corporación Gaviota) dividiéndose los por ciento de emisión de acuerdo a la distancia desde la cabecera hasta los diferentes puntos terminales.

De la misma manera se tratan los canales de retorno provenientes directamente de los abonados, concentrándose y llevándose hasta las etapas de control del sistema, permitiendo un constante monitoreo remoto de la red que garantiza la detección de cualquier falla, además de garantizar los servicios que requieran la bidireccionalidad. (Pérez, 2008)

El precio aproximado del equipamiento óptico de cabecera es de 163 844,53 CUC. Ver anexo # 3.

### 3.2.1 Servidor

Para tener una idea, esta cabecera contará con un paquete básico de 40 canales cuyo costo de suscripción diaria sería 52,60 CUC que al incluirle el costo de las licencias de antena y la depreciación del equipamiento daría un costo diario de 145,02 CUC.

Para este procesamiento es necesario en primer lugar la combinación de todas las señales, la señal proveniente del *rack* de TV (combinación de todos los canales) con todas las señales de control que se generan en la cabecera, se amplifican y luego se convierten a señal óptica y se dividen en seis, y con seis divisores ópticos se logran los niveles de señal apropiados para cada enlace.

Para esto contaríamos con un equipamiento compuesto por los materiales mostrados en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Inventario de la cabecera**

<b>Equipamiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio C/U</b>	<b>Total</b>
Antenas de 1,2m	4	265	1060
LNBF dual SKY	1	92,77	92,77
LNBF dual Disch	2	87	174
LNB Universal de 4 Salidas	1	73,8	73,8
Receptores SKY	8	360	2880
Receptores DISCH	15	800	12000
Receptores PANSAT	7	258,14	1806,98
Moduladores	40	132,91	5316,4
MultiSwicht de 16 salidas	3	252	756
Combinador	4	199,69	798,76
Rack	5	146,35	731,75
Bandeja p/Rack	40	15,52	620,8
Fuente de Cable 500	1	372,55	372,55
TV de 21" Zenith	1	188,54	188,54
<b>Inventario Total</b>			<b>28124,52</b>

Por otra parte nuestro proveedor de servicios de internet sería ETECSA, que físicamente se encuentra al lado del puesto de mando. Con una velocidad de conexión y capacidad que quedarán en un futuro contrato con dicha empresa.

### 3.2.2 Internet

Todas las transmisiones de datos basadas en el protocolo de Internet (IP) se manejan usando el estándar DOCSIS.

En la cabecera un CMTS DOCSIS convertirá los datos IP a una señal digital modulada (QAM) para su transmisión por la red de CATV.(Fellows and Jones, 2001)

En las habitaciones del hotel un cable modem es el producto de contrapartida que finalmente re-convierte los datos IP de las señales RF recibidas. Si se desea ofertar un servicio de VoIP, el teléfono analógico puede ser conectado directamente al Cable Modem.(Lin and Lee, 2002)

### 3.2.3 CMTS

El CMTS es la interfaz entre la red de datos y el cable modem, en nuestro sistema HFC este CMTS esta asociado con el estándar DOCSIS. El cual esta diferenciado por el 1.0, 1.1 y 2.0.(Cho et al., 2004)

**Tabla 3.3 Caracterización de DOCSIS**

Estándar	Servicio
1.0	Solo para Internet
1.1	Para Internet y VoIP (Voz sobre IP)
2.0	Para Internet, VoIP y QoS (Calidad de Servicio)

Características generales de los CMTS

- Uno o más canales de bajada
- Uno o más canales de subida
- Redundancia de entrada en el camino de retorno
- Trabaja en sincronismo con los modems.

En nuestro caso se usara el CMTS (CGM 120) el cual se usa para redes de cable pequeñas y medianas. Son simples de habilitar manualmente. Está compuesto por un transmisor en el camino directo (hacia el abonado) que modula la señal en (64-256 QAM) y

un receptor en el camino de retorno que lo hace en (QPSK o 16 QAM) con servicio de banda ancha rápido y seguro. El CMTS ubica el haz del camino descendente, datos enviados desde el Internet al computador del abonado, en un canal de 6MHz, en el cable, los datos lucen como cualquier otro canal de televisión. El camino de retorno, datos enviados desde el usuario hacia el Internet, ocupa mucho menos espacio, 2MHz.(Domdom et al., 2000)

Este CMTS soporta calidad de servicio para el estándar voz sobre IP con razones de datos garantizadas, el tráfico de datos con el cable modem esta codificado, a continuación se exponen algunas de las características más importantes, las cuales se complementan en el Anexo # 2.(Kathrein-Werke, 2008)

**Tabla 3.4 Datos de CMTS (CGM 120)**

Modo de operación		DOCSIS 1.1
Camino descendente		
Ancho de banda del canal	MHz	6
Rango de frecuencias	MHz	91-857
Nivel de salida	dB $\mu$ V	110-120
Camino de retorno		
Rango de frecuencia	MHz	5-42
Ancho de banda del canal	MHz	Variable 0.2-3.23
Nivel de entrada	dB $\mu$ V	56-86

### 3.3 Equipamiento de abonado

Dentro del equipamiento de abonados tendremos un TV, un teléfono analógico y un cable modem ya sea fijo o inalámbrico en dependencia de la situación utilizándose este último para espacios abiertos como lobby o lugares de interés de cada hotel.

#### 3.3.1 Cable Modem

El cable modem logra acceso a Internet aprovechando la red de cable coaxial de la televisión, es un sistema que permite la transferencia de información desde y hacia la red mediante la misma plataforma de recepción de la señal de televisión por cable. La conexión se hace dividiendo la señal que llega al cliente a través del cable, conectando la

computadora a Internet y entregando la señal de televisión al televisor del abonado. Ver anexo # 2.



*Figura 3.1 Cable Modem (DCV 10).*

Se usara el cable modem (DCV 10) el cual tiene:

1. Compatibilidad con CMTS DOCSIS 1.1
2. Puertos de voz RJ 11 para 2 teléfonos analógicos
3. Ethernet 10/100 Base T
4. Soporta calidad de servicio para voz y transferencia de datos



*Figura 3.1 Cable Modem inalámbrico (DCG 10).*

En el caso de cable modem inalámbrico se usara el (DCG 10) el cual tiene entre sus particularidades:

1. Compatible con CMTS DOCSIS 1.1
2. Enrutador con 4 puertos RJ-45 (10/100 Base T) y uno USB
3. Punto de acceso para redes LAN
4. Cumple con el estándar 802.11G (velocidades que llegan hasta 54Mbps)

### 5. Doble seguridad a 64 bit/ 128 bit WEP<sup>12</sup>.

La ventaja más importante de este servicio consiste en que permite bajar información de Internet hasta tres veces más rápido que el servicio convencional de acceso telefónico. Otra ventaja adicional es la disponibilidad del servicio 24 horas al día, 365 días al año sin costo adicional, puesto que al no requerir de líneas telefónicas se reduce la facturación por este concepto, además de que se desocupan dichas líneas.(Hausman et al., 2001)

#### 3.3.1.1 Partes de la estructura

##### ➤ Sintonizador

- Este dispositivo se conecta a la salida del cable y se adiciona un divisor que separa el canal de datos del Internet de la programación CATV normal.
- Recibe una señal digital modulada y la entrega al demodulador.
- En ocasiones cuenta con un *diplexer* que permite al sintonizador usar un conjunto de frecuencias para el descenso (42-850MHz) y otro para el ascenso (5-42MHz).

##### ➤ Demodulador

Tiene cuatro funciones:

- Conversión de la señal modulada (QAM) en una señal simple.
- Conversión de la señal análoga en digital.
- Sincronización de las tramas, para asegurar que se encuentran en línea y en orden.
- Verificación de Errores.

##### ➤ Modulador

Utilizado para convertir las señales digitales de la PC en señales de radiofrecuencia para la transmisión. Llamado en ocasiones, modulador a ráfagas, por la naturaleza irregular del tráfico que genera.

---

<sup>12</sup> **WEP**: **W**ireless **E**ncryption **P**rotocol. Protocolo de encriptación inalámbrica.

Bloques componentes:

- Sección de generación de información para chequeo de errores.
- Modulador QAM.
- Conversor Digital /Análogo.

### 3.3.1.2 Camino de retorno.

El camino de retorno es el término usado para referenciar la señal transmitida por el cable modem, esta es siempre en ráfagas, por esta razón, muchos modems pueden transmitir en la misma frecuencia. El rango de frecuencia es 5-42MHz El ancho de banda por canal podría ser de 2MHz para un canal QPSK de 3 Mbps Las formas de modulación son QPSK (2 bits por símbolo) y 16-QAM (4 bits por símbolo).

Cada modem transmite ráfagas en ranuras de tiempo, que podrían ser reservadas, de contienda o de compensación. Las ranuras marcadas como reservadas se asignan a un cable modem particular.(Arlitt et al., 1999)

El CMTS asigna las ranuras de tiempo a varios cable modems a través de un algoritmo de asignación del ancho de banda propietario. Ranuras marcadas como de contienda están abiertas para que todos los cable modems puedan transmitir.

Si dos cable modems intentan transmitir al mismo tiempo, los paquetes colisionan y los datos se pierden. Este tipo de ranuras de contención se utilizan para transmisiones de datos muy cortas.

Como consecuencia de la distancia física entre el CMTS y el cable modem, el tiempo de retraso podría estar en el rango de milisegundos. Para compensar estas diferencias, los cable modems emplean un protocolo que permite compensar la variación del retraso. Para hacerlo, adelantan o retrasan el reloj. Esta compensación también permite que las transmisiones de todos los cable modems lleguen al CMTS con el mismo nivel de potencia.(Carro et al., 2001)

### 3.4 Equipamiento de nodo óptico

Los nodos ópticos son los encargados de recibir la señal óptica y convertirla a eléctrica, a partir de este punto la distribución se realiza por coaxial, y de tomar el retorno proveniente de los puntos terminales, convertirlo a óptico y transmitirlo hasta la cabecera. Esto se hace de forma independiente, logrando que la señal, que llega a la cabecera, sea por cada hilo proveniente de los diferentes puntos terminales lo que significa que se necesitan 6 nodos con sus respectivas fuentes de alimentación y sus módulos de transmisión del camino de retorno. Ver anexo # 1.

#### 3.4.1 ORA 9022

El ORA 9022 es el nodo óptico que se usará, el cual es un producto del año 2007 y tiene un costo de 540 euros, el cual utiliza como módulo para transmitir hacia la cabecera un OSR 9003. (Kathrein-Werke, 2008) Con este equipamiento se garantizan

- Módulos de redundancia.
- Posibilidad de configuración múltiple.
- Sintonía Electrónica.
- Administración de la fibra.
- CWDW para la transmisión de los caminos de retorno.

Este receptor óptico puede tener uno o dos bloques receptores así como uno o dos módulos transmisores del camino de retorno, puede conmutar electrónicamente la matriz del camino de retorno, tiene filtro WDW integrado. Ver anexo # 1.

## CONCLUSIONES

Por el estudio realizado se determina, que la instalación de la red a HFC es la más óptima en estos momentos, pues económicamente se obtienen buenos resultados en cuanto a fiabilidad del sistema y a la colocación de otros servicios como son Internet, transmisión de datos, voz sobre IP, IPTV y video en demanda pues los sistemas unidireccionales implementados actualmente en la cayería tienen limitaciones, como, el incremento de la posibilidad de fallo por la cantidad de dispositivos activos que posee distribuidos en toda la red y contribuye a deteriorar, en cierta medida, la calidad de la señal aunque los parámetros que regulan la misma se encuentren en norma.

La variante FTTH es un sistema en el que se debe continuar el proceso de búsqueda de ofertas para evaluar los costos y las facilidades técnicas que brinde el equipamiento de la misma, en específico cuando se tengan los datos (en estos momentos se trabaja en ello) se podrá evaluar si es factible o no su implementación. Teniendo en cuenta sus valiosas propiedades y que el mundo va, aunque no muy de prisa, emigrando hacia esa tecnología que no es más que una red HFC avanzada, y cabe aclarar que queda como una candidata muy fuerte para imponerse en algunos años a nivel global.

Es importante estudiar el contrato con la empresa de telecomunicaciones de Cuba (ETECSA) pues la canalización de la fibra es hecha por ellos y porque es el proveedor de servicios de Internet con el cual se fijarían los parámetros para la calidad de la misma así como su velocidad.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda la implementación de la red HFC por etapas, en lo que se refiere al cableado y a la colocación de los nodos ópticos pues el polo no está construido completamente, montándose en el plan director de la inversión y realizando el trabajo a la par de la explotación del polo.

Se debe tener en cuenta la variante FTTH y continuar trabajando con los suministradores para evaluar tantas variantes de equipamiento como sean posibles para tener argumentos y facilidades reales de su aplicación y hacer una valoración costo beneficio para tomar una decisión al respecto.

Se sugiere realizar un estudio profundo de los diferentes software existentes en el mercado para lograr una buena relación de compromiso en cuanto a costo, calidad, seguridad y confianza para el control del tráfico así como el monitoreo de la red. Así como profundizar en las variantes del software CMS ofertado por Kathrein.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA, F. A. C., MELÓN, M. G. & BELTRÁN, P. A. (2007) Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia–Sede Bogotá, usando una técnica de decisión multicriterio. *Ingeniería e Investigación*, 132.
- ALDANA, L. A. F. (2007) TRANSMISIÓN Y COMUNICACIÓN DE DATOS. *Ingeniería e Investigación*, 32-34.
- ARLITT, M., FRIEDRICH, R. & JIN, T. (1999) Workload characterization of a Web proxy in a cable modem environment. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, 27, 25-36.
- ATLANTA, S. (Ed.) (2004) *The Broadband Databook*.
- BANERJEE, A., PARK, Y., CLARKE, F., SONG, H., YANG, S., KRAMER, G., KIM, K. & MUKHERJEE, B. (2005) Wavelength-division-multiplexed passive optical network (WDM-PON) technologies for broadband access: a review [Invited]. *Journal of Optical Networking*, 4, 737-758.
- CARNERO, J. L. F., SANTOS, R. M. L. & QUEIRO, E. B. (1998) *Sistemas para recepción de TV analógica y digital*, Ediciones Televés.
- CARRO, B., CHAN, H. N., SANCHEZ, A., REDOLI, J. & MOMPO, R. (2001) Link-level effect of a noisy channel over data transmission on the return path of an HFC network. *GLOBECOM-NEW YORK*, 1, 425-429.
- CHANDRASEKARAN, G., HAWA, M. & PETR, D. W. (2003) Preliminary Performance Evaluation of QoS in DOCSIS 1.1. *Information and Telecommunication Technology Center, University of Kansas, Tech. Rep. ITTC-FY2003-TR-22736-01*.
- CHO, S. H., KIM, J. H. & PARK, S. H. (2004) Performance Evaluation of the DOCSIS 1.1 MAC Protocol According to the Structure of a MAP Message.
- DEIDESHEIMER, P. (2005) Red HFC de TV por cable para Ciudad de La Habana.
- DEIDESHEIMER, P. (2006) Hotel's Triple Play Network Cuba Block diagramme
- DOMDOM, R., ESPEY, B., GOODMAN, M., JONES, K., LIM, V. & PATEK, S. (2000) Transient analysis of DOCSIS 1.1 cable modem networks. Citeseer.
- DROUBI, M., IDIRENE, N. & CHEN, C. (2000) Dynamic bandwidth allocation for the HFC DOCSIS MAC protocol.
- FELLOWS, D. & JONES, D. (2001) DOCSIS TM cable modem technology. *IEEE communications Magazine*, 39, 202-209.
- FERNÁNDEZ-FONTECHA, S. L. C., DE LA RIBERA, R. Y. & MORALES, P. S. Modelo de red de transporte basado en CWDM. *Ingeniería e Investigación*.

- GARDNER, F. (1986) A BPSK/QPSK timing-error detector for sampled receivers. *Communications, IEEE Transactions on [legacy, pre-1988]*, 34, 423-429.
- GRÉBOL, R. P. (2006) Análisis del espectro óptico en las comunicaciones por fibra óptica. *Electra*, 30.
- HAUSMAN, J. A., SIDAK, J. G. & SINGER, H. J. (2001) Cable modems and DSL: Broadband Internet access for residential customers. *American Economic Review*, 302-307.
- INOUE, Y., ISHII, M., HIDA, Y., YANAGISAWA, M. & ENOMOTO, Y. (2005) PLC components used in FTTH access networks. *NTT Technol. Rev.*, 3, 22–26.
- KATHREIN-WERKE, K. (Ed.) (2005) *Seminar HFC network*.
- KATHREIN-WERKE, K. (Ed.) (2008) *Broadband Communications Systems (Catalogue 2008-2009)*. .
- KIM, K. S. (2003) On the evolution of PON-based FTTH solutions. *Information sciences*, 149, 21-30.
- KIM, S., PARK, S., MOON, J. T. & LEE, H. Y. (2006) A Low-Crosstalk Design of 1.25 Gbps Optical Triplexer Module for FTTH Systems. *ETRI journal*, 28, 9-16.
- KITAYAMA, K., WANG, X. & WADA, N. (2006) OCDMA over WDM PON—Solution path to gigabit-symmetric FTTH. *Journal of Lightwave Technology*, 24, 1654.
- LIN, J. T. & LEE, W. T. (2002) Bandwidth admission control mechanism for supporting QoS over DOCSIS 1.1 HFC networks.
- NEBELING, M. (2001) CWDM: lower cost for more capacity in the short-haul. *Lightwave*, 8, 70-76.
- PAFF, A. (1995) Hybrid fiber/coax in the public telecommunications infrastructure. *IEEE communications Magazine*, 33, 40-45.
- PAREDES, C., NAPOLEÓN, C., PAZMIÑO, J. & JAVIER, J. (2000) Redes de Comunicacion por Cable.
- PÉREZ, O. (2008) Proyecto de Inversion red HFC en el complejo turístico Cayo Santa María.
- POTEVIO (Ed.) (2008a) *Home Structures Cabling System*.
- POTEVIO (Ed.) (2008b) *Solucion Integral FTTx*.
- VARIOS History of Cable Television.
- WOLTERS, R. P. C. (1996) Characteristics of upstream channel noise in CATV-networks. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 42, 328-332.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Optical receivers

# ORA 9022

#### Optical compact receiver

##### ORA 9022

ON 24710023



- Modular FTTC fibre node
- Internal optical interfaces for full outdoor operation (protection class IP 54)
- Innovative operational concept: using electronic tuning elements, set using HTE 10 hand-held unit
- Electronically settable return path matrix:
  - Redundant operation
  - Return path segmentation
  - Automatic switch-over in case of signal interruption
- WDM couplers or splitters can be integrated optionally
- Latest GaAs-MMIC technology
- Fully redundant operation in forward and return path possible
- 1 or 2 receiver modules pluggable
- 1 or 2 high level outputs (2 separate end stages)
- Output level up to 112 dB $\mu$ V
- „Plug-and-Play“ by combination of AGC (optical input) and ALSC (2 pilots)

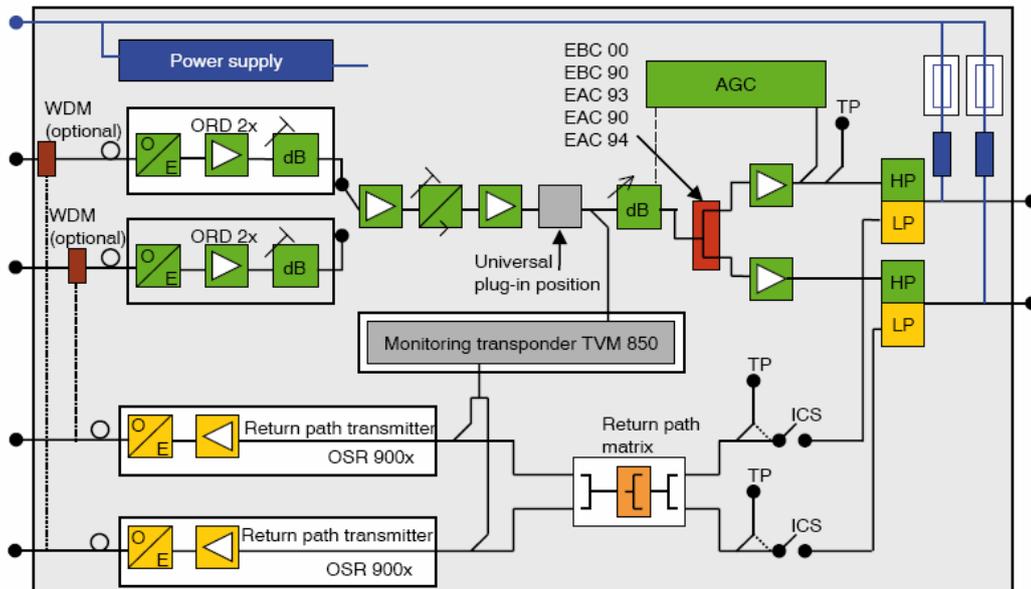


- Automatic levelling in the forward path
  - Low noise receiver
  - 1 or 2 return path transmitter modules pluggable for segmentation or redundancy, see OSR 900x
  - Optical return path transmitter modules available in DFB-/CWDM technology
  - Monitorable by optional HMS transponder module
  - Easy module replacement
  - Highly efficient switched mode power supply unit
  - Diecast housing with PG 11 connections
  - LED indicates operational mode
  - 2 integrated diplex filters 65/85 MHz
  - Ingress Control Switch at each return path input
  - Ingress test point for each return path input (externally accessible)
  - Many EMS functions
  - Optical connectors: SC/APC or E2000
- Modules/Accessories:
    - ORD 20 (order no. 24810024): Receiver module, -8 ... -2 dBm
    - ORD 21 (order no. 24810092): Wide-range receiver module, -8 ... +2 dBm
    - OSR 900x (order no. 246102xx): Return path transmitter, see page 6
    - HTE 10 (order no. 25010005): Hand-held unit
    - EBC 00 (order no. 24510060): Plug-in null-card for one output
    - EBC 90 (order no. 24510053): Splitter (2 outputs symmetrical)
    - EAC 93 (order no. 24510057): Tap-off 2.5/6 dB
    - EAC 90 (order no. 24510052): Tap-off 1.5/10 dB
    - EAC 94 (order no. 24510058): Tap-off 0.8/20 dB

Type		ORA 9022	
Order no.		24710014	
Operation with receiver module		ORD 20	ORD 21
<b>Forward path</b>			
Frequency range	MHz	85-862	
Optical wavelength	nm	1,280-1,580	
Optical return loss	dB	> 40	
Optical input level range, nominal	dBm	-8 ... -2	-8 ... +2
Max. optical input power (permanent)	dBm	+3	
Nominal optical modulation index (OMI)	%	4.4	
Impedance	$\Omega$	75	
Number of outputs (internally settable)		1 or 2	
Max. output level, per output	dB $\mu$ V	112	
Output pre-emphasis 85-862 MHz	dB	0-9	
Frequency response	dB	$\pm 1.5$	
Equivalent noise current density, input	pA/ $\sqrt$ Hz	4	5
CSO/CTB	dB	66/68	
Intermodulation ratio acc. to CENELEC, output level 110 dB $\mu$ V, 9 dB pre-emphasis			
Return loss (at 85 MHz)	dB	19 -1.5/oct., > 16	
Hum modulation ratio at 7 A: 85-862 MHz	dB	> 67	
<b>Return path (general): see also product information OSR 900x</b>			
Frequency range	MHz	5-65	
Impedance	$\Omega$	75	
Return loss	dB	18	

## Block diagram

# ORA 9022



# OSR 900x

## Optical return path transmitters

### Optical return path transmitters

<b>OSR 9003</b>	ON 24610201
<b>OSR 9006-C11</b>	ON 24610203
<b>OSR 9006-C12</b>	ON 24610204
<b>OSR 9006-C13</b>	ON 24610205
<b>OSR 9006-C14</b>	ON 24610206
<b>OSR 9006-C15</b>	ON 24610207
<b>OSR 9006-C16</b>	ON 24610208
<b>OSR 9006-C17</b>	ON 24610209
<b>OSR 9006-C18</b>	ON 24610210



- Optical return path transmitter modules used in the ORA 9022 optical receiver
- Electrical-optical conversion of return path signals
- CWDM DFB laser with optical isolator
- Optical output level +6 dBm or respectively +3 dBm
- 8 different CWDM wavelengths can be selected, additional wavelengths on request

Type		OSR 9003	OSR 9006-Cxx
Order no.		24610201	246102xx
Optical wavelength	nm	1,310	1,470/1,490/1,510/1,530/ 1,550/1,570/1,590/1,610
Optical output level	dBm	+3	+6
Frequency range (via diplexer in ORA 9022)	MHz		5-65
Relative Intensity Noise (RIN)	dB/Hz		-155
Impedance	$\Omega$		75
Return loss (5 MHz)	dB		> 18
Frequency response	dB		$\pm 1.0$

## Optical receivers

### Optical redundancy receiver modules

ORD 01/E	269076
ORD 01/SC	269072

- The optical redundancy receiver is a pluggable module to be inserted in the various ORA 820/821 receivers
- The module comprises an optical receiver and switching logic
- Increases the signal transmission reliability with automatic redirection to a redundant receiver if the optical main path fails
- Enables the build-up of a redundant optical ring (trunk)
  
- Connections:
  - Electrical interface: 13-pole socket
  - Optical input: E2000 model (order no. 269076)
  - SC/APC model (order no. 269072)



Type		ORD 01/E	ORD 01/SC
Order no.		269076	269072
Optical wave length	nm	1310 ± 20/1550 ± 30	
Max. optical input power	dBm	0	
Frequency range	MHz	47-862	
Amplitude response <sup>1)</sup>	dB	< 1	
Operational voltage	V	24/15	
Power consumption	W	< 0.5	

## Anexo 2

**KATHREIN****CMTS****Cable Modem Termination System**

CGW 120  
CGW 120E

**New**

26210052  
26210053



The CGW 120/120E is a Cable Modem Termination System (CMTS) for small and medium sized cable nets. The simple handling enables rapid commissioning. Two versions are available for operation in DOCSIS 1.1lite and EURODOCSIS 1.1. A transmitter for the forwards path (64-/256 QAM) and a return path receiver (QPSK or 16-QAM) allow rapid and secure broadband services. The CMTS supports the relevant Docsis/EuroDocsis 1.1 „Quality-of-Service“ standards. This ensures that Voice-over-IP (VoIP) services can be offered at guaranteed data rates. The data traffic with the cable modems is encoded with all the security features of Baseline Privacy Plus (BPI+).



Type		CGW 120	CGW 120E
Order no.		26210052	26210053
Forwards path			
Operational mode		Docsis 1.1lite	EuroDocsis 1.1lite
Channel bandwidth	MHz	6	8
Frequency range (middle frequency)	MHz	91-857	112-858
Modulation type		64 or 256 QAM	
Forward Error Correction		Reed Solomon	
Output level	dBµV	110-121	
Output impedance	Ω	75	
Return loss	dB	13	
Return path			
Frequency range	MHz	5-42	5-65
Channel bandwidth	MHz	Variable 0.2-3.2	
Modulation type		QPSK or 16 QAM	
Forward Error Correction		Reed Solomon Block Code and Trellis Code	
Input level	dBµV	56-86	
General			
Mains powering	V AC	95-264	
Power draw (max.)	W	150	
Ambient temperature range	°C	0 to +50	
Relative humidity	%	10-90, non-condensing	
Dimensions (W x H x D)	mm	483 x 88 x 343	
Weight	kg	7.3	

## Cable modems

### DCV 10/DCV 10E (DOCSIS/EuroDOCSIS) VoIP cable Modem

DCV 10      26210068  
DCV 10E    26210067

**New**



- DOCSIS/EuroDOCSIS 1.1/2.0 compatible cable modem
- Integrated Voice Ports for two analogue telephones
- PacketCable/Euro PacketCable 1.0 compatible
- Ethernet-10/100BaseT connection with Auto MDI-/MDI-X detection (Auto Cross-over)
- Full QoS support for disturbance-free voice and data transfer
- High upstream speeds up to 30 Mbit/s as in DOCSIS 2.0
- Full SNMP management support
- Configuration and management over standard browser
- Front panel LEDs for network status and activity

Type		DCV 10	DCV 10E
Order no.		26210068	26210067
Electrical characteristics			
Transmission characteristics		MCNS DOCSIS 1.1/2.0 or tComlabs EuroDocsis 1.1/2.0	
RF connection		F (female)	
LAN connection		RJ-45, Ethernet 10/100BaseT	
Telephone interfaces (a/b)		RJ-11	
PC interface		USB B	
Power supply	V	12	
Status LEDs	No.	10	
Power draw (max.)	W	8	
Software characteristics			
Standards		MCNS DOCSIS 1.1/2.0 bzw. tComlabs EuroDocsis 1.1/2.0 PacketCable 1.0 or Euro PacketCable 1.0	
Protocols and Services		UDP, IP, ARP, ICMP, DHCP, TFTP, SNMP, HTTP	
Language codices		G.711, G.723.1, G.729.A, G.729.AB	
Jitter Buffer		Supports Auto Jitter Buffering for voice transfer	
Configuration		Auto configuration - DHCP, TFTP, ToD Client	
Fax transfer		T.38	
Voice transfer		Voice Activity Detection with Comfort Noise generation G.168 Echo Cancellation up to 16 ms	
SNMP management		Standard SNMP, MIB2, Ethernet-like MIB, Bridge MIB, RF Interface MIB, Cable Device MIB, Baseline privacy Interface MIB, PacketCable MIBs	
Software download		TFTP	
Diagnosis		Power on self-diagnostic and over standard browser	
Commissioning		Plug-and-Play	
Dimensions (H × W × D)	mm	55 × 230 × 152	

## Cable modems

### DCG 10/DCG 10E (DOCSIS/EuroDOCSIS) WLAN cable Modem Router

DCG 10  
DCG 10E

New

26210066  
26210065

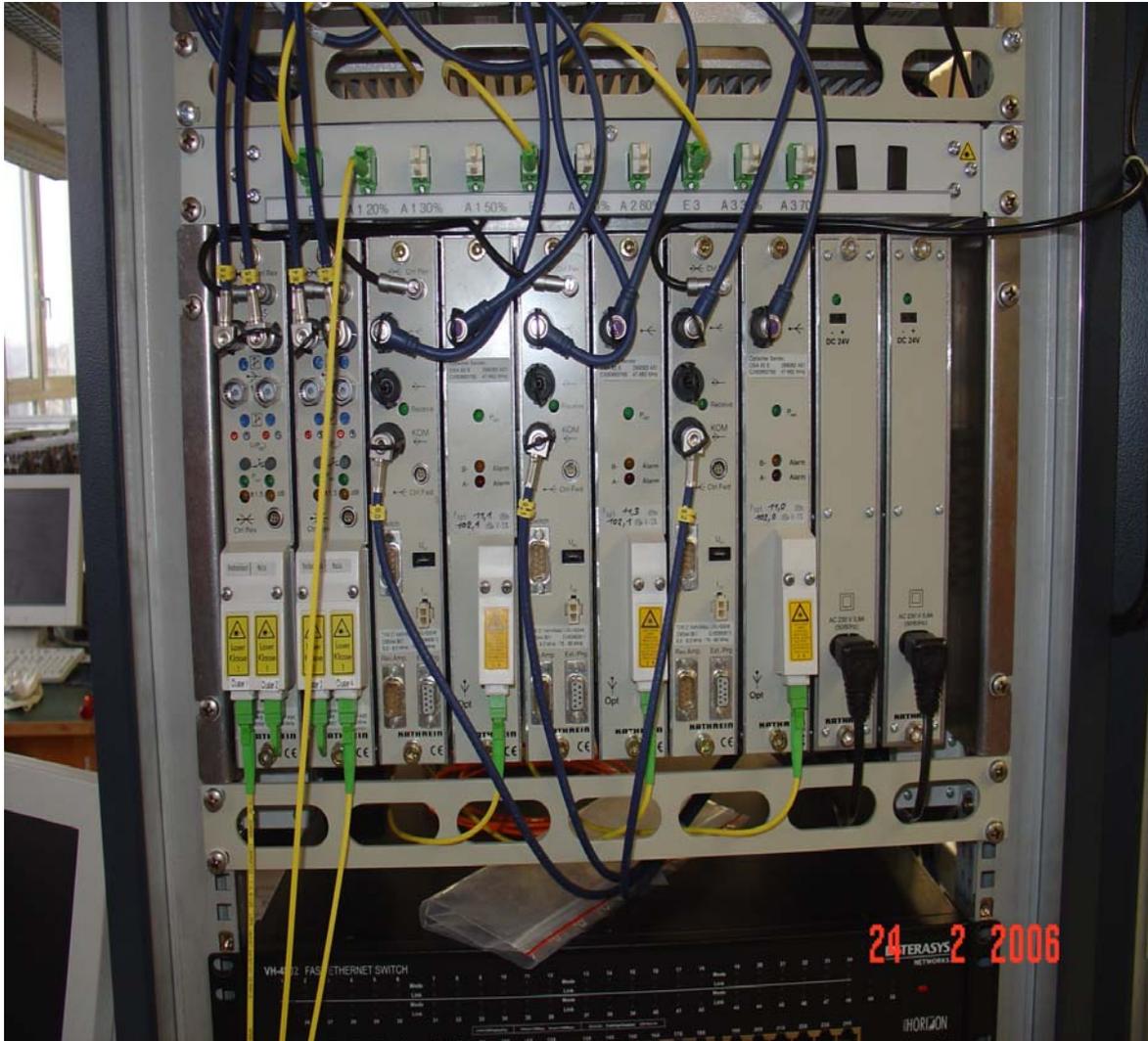


- DOCSIS/EuroDOCSIS 1.1/2.0 compatible cable modem
- Integrated router with 4 × 10/100BaseT and 1 × USB
- Integrated Wireless LAN Access Point
- Conforms with 802.11G standard (up to 54 Mbit/s)
- Auto MDI/MDI-X Detection RJ-45 10/100 BaseT Ethernet switch (Auto Cross-over)
- Security due to 64 bit/128 bit WEP (Wireless Encryption Protokoll)
- Integrated DHCP server, firewall and NAT gateway
- High upstream speeds up to 30 Mbit/s as in Docsis/EURODocsis 2.0
- Full SNMP management support
- Configuration and management over standard browser
- Front panel LEDs for network status and activity

Type	DCG 10	DCG 10E
Order no.	26210066	26210065
Electrical characteristics		
Transmission characteristics	MCNS DOCSIS 1.1/2.0 or tComlabs EuroDocsis 1.1/2.0	
RF connection	F (female)	
LAN connections	4 × RJ-45, Ethernet 10/100BaseT	
Wireless	Access Point as in 802.11G	
PC interface	USB B	
Voltage supply/power	12 V/9 W	
Software characteristics		
Standards	MCNS DOCSIS 1.1/2.0 or tComlabs EuroDocsis 1.1/2.0	
	802.11G, 802.1d	
Protocols and services	UDP, IP, ARP, ICMP, DHCP, TFTP, SNMP, HTTP	
Router functions	MAC address filtering, IP address filtering, DHCP server function (RFC 1541) for internal IP addresses NAT function (RFC 1631) with port and address-mapping, VPN pass-through	
Security	Baseline Privacy based on DES and RSO encryption, firewall with Stateful Packet Inspection technology Application content filtering, with option to restrict access to certain WEB applications Application content filtering, with option to restrict certain WEB applications Denial of Service (DoS) attacks, i.e. MIMeflood, Octopus, Teardrop, Opentear, Twinge, Smurf, Overdrop, Jolt, Tentacle etc, prevention	
SNMP management	Standard SNMP, MIB2, Ethernet-like MIB, Bridge MIB, RF Interface MIB, Cable Device MIB, Baseline privacy Interface MIB	
Software download	TFTP	
Diagnosis	Power on Self Diagnostic	
Configuration/management	With standard browser, configuration files can be downloaded	

Anexo 3

# Cabecera Óptica



## Puesto de mando

