

**PASADO, PRESENTE Y FUTURO
DE LAS REDES HIBRIDAS FIBRA COAXIAL.**

**MARIA DE LOS ANGELES LICONA CAMACHO
ELIZABETH PUELLO QUIJANO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
INGENIERIA DE SISTEMAS**

2008

**PASADO, PRESENTE Y FUTURO
DE LAS REDES HIBRIDAS FIBRA-COAXIAL.**

**MARIA DE LOS ANGELES LICONA CAMACHO
ELIZABETH PUELLO QUIJANO**

**Monografía presentada para optar al
Titulo de Ingenieras de Sistemas**

**Director, Isaac Zúñiga
Ingeniero de Sistemas**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
INGENIERIA DE SISTEMAS**

2008

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

AUTORIZACION

Cartagena de indias D.T. y C.

Nosotras Maria de los Ángeles Licon Camacho con cedula de ciudadanía 1.128.055.553 de Cartagena y Elizabeth Adriana Puello Quijano, con cedula de ciudadanía 33.254.385 de Turbana. Autorizamos a la Universidad Tecnológica de Bolívar a hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo on-line de la biblioteca.

Maria de los Ángeles Licon Camacho

CC. 1.128.055.553 de Cartagena

Elizabeth Adriana Puello Quijano

C.C 33.254.385 de Turbana

Cartagena, 23 de julio de 2008

Señores:

Comité de facultad de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Apreciados Señores:

Cordialmente me permito informarles que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de las estudiantes MARIA DE LOS ANGELES LICONA CAMACHO, ELIZABETH PUELLO QUIJANO, titulado: "PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LAS REDES HIBRIDAS FIBRA COAXIAL"

Cordialmente

ISSAC ZUÑIGA

Cartagena, 23 de julio de 2008

Señores:

Comité de facultad de Ingeniería de Sistemas

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

De la manera más atenta nos permitimos presentar a su consideración y aprobación el trabajo de grado titulado "PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LAS REDES HIBRIDAS FIBRA COAXIAL". Elaborado por MARIA DE LOS ÁNGELES LICONA CAMACHO, ELIZABETH ADRIANA PUELLO QUIJANO

Esperamos que el presente trabajo se ajuste a las expectativas y criterios de la Universidad para los trabajos de grado.

Cordialmente,

Maria de los Ángeles Licona Camacho

CC. 1.128.055.553 de Cartagena

Elizabeth Adriana Puello Quijano

CC. 33.254.385 de Turbana

AGRADECIMIENTOS

A lo largo de nuestra formación profesional y de la evolución de nuestras personas han estado presentes muchísimas otras que de una u otra manera han impulsado nuestro desarrollo integral, aunque no ha sido fácil porque en ocasiones han surgido inconvenientes acompañados por dudas y acciones de truncamientos.

Pero hoy queremos darle las gracias a Dios por estar con nosotras y abrir el camino que hoy culminamos, a nuestras familias y a todas las personas que nos apoyaron, a las que creyeron en nosotras, a las que nos orientaron... mil gracias.

MARIA DE LOS ÁNGELES LICONA CAMACHO

ELIZABETH ADRIANA PUELLO QUIJANO

CONTENIDO

	PAGINA
INTRODUCCIÓN	19
OBJETIVOS	21
JUSTIFICACIÓN	22
1. CABLE COAXIAL	24
1.1 INTRODUCCIÓN	24
1.2 HISTORIA DEL CABLE COAXIAL	24
1.3 USO DEL CABLE COAXIAL	26
1.4 ESTRUCTURA DEL CABLE COAXIAL	27
1.5 CLASIFICACIÓN DEL CABLE COAXIAL	30
1.5.1 CABLE COAXIAL THINNET (ETHERNET FINO)	30
1.5.2 CABLE COAXIAL THICKNET (ETHERNET GRUESO)	33
1.5.3 CABLE THINNET VS. THICKNET	35
1.6 HARDWARE DE CONEXIÓN DEL CABLE COAXIAL.	37
1.7 NORMAS DE INCENDIOS EN EL CABLE COAXIAL	40
1.7.1 EL CLORURO DE POLIVINILO (PVC)	40
1.7.2 PLENUM	40
1.8 TABLA EVOLUCION DELCABLE COAXIAL	41

2.	FIBRA ÓPTICA	42
2.1	INTRODUCCION	42
2.2	CONSTRUCCIÓN DEL CABLE.	45
2.2.1	CABLE DE ESTRUCTURA HOLGADA	45
2.2.2	CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA	48
2.3	CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA	49
2.3.1	FIBRA MULTIMODO	50
2.3.2	FIBRA MONOMODO	50
2.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA	52
2.4.1	VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA	53
2.4.2	DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA	54
2.5	ESTÁNDARES UTILIZADOS EN LA FIBRA ÓPTICA	55
2.5.1	CÓDIGOS DE COLORES DE LA CUBIERTA EXTERNA	55
2.5.2	CÓDIGOS DE COLORES PARA IDENTIFICACIÓN NUMÉRICA DE FIBRAS OPTICAS	56
2.6	TABLA EVOLUCION DE LA FIBRA OPTICA	59

3. TECNOLOGÍA CON CABLE HIBRIDO FIBRA COAXIAL	61
3.1 INTRODUCCIÓN	61
3.2 ESTÁNDARES Y NORMALIZACIÓN	64
3.2.1 DOCSIS	65
3.2.2 EURODOCSIS	67
3.2.3 DVB-RCC	67
3.3 VIABILIDAD DE LOS SERVICIOS HFC	68
3.4 ARQUITECTURA DE LA RED	69
3.4.1 CABECERA	70
3.4.2 RED TRONCAL	72
3.4.3 RED DISTRIBUCIÓN	75
3.5 SERVICIOS SOPORTADOS	76
3.5.1 SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN DE TV	76
3.5.2 SERVICIO DE TELEFONÍA O SERVICIOS DE VOZ	76
3.5.3 SERVICIOS DE INTERNET Y DATOS	77
3.5.4 SERVICIOS AVANZADOS E INTERACTIVOS	77
3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS LAS REDES HFC	80
3.6.1 VENTAJAS TECNOLÓGICAS	80
3.6.2 VENTAJAS DE APLICACIONES	81
3.6.3 DESVENTAJAS	82
3.7 APLICACIÓN DE COSTOS PARA EL HFC	83

3.7.1 EXPERIENCIA EN PERÚ.	83
3.7.2 EXPERIENCIA EN ESTADOS UNIDOS	84
3.7.3 EXPERIENCIA EN COLOMBIA	85
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

LISTA DE FIGURAS

		PAGINA
Figura 1.	CABLE COAXIAL CON APANTALLA, RECUBRIMIENTO, DIELECTRICO Y CONDUCTO CENTRAL	28
Figura 2.	CABLE COAXIAL THINNET	31
Figura 3.	CABLE COAXIAL THICKNET	33
Figura 4.	CABLE THINNET VS. THICKNET	35
Figura 5.	CONECTOR BNC	37
Figura 6.	CONECTORES DEL CABLE COAXIAL	38
Figura 7.	FIBRA ÓPTICA	42
Figura 8.	PROPAGACIÓN DE SEÑALES SIN PÉRDIDA EN LA FIBRA ÓPTICA	44
Figura 9.	CABLE DE TUBO HOLGADO	46
Figura 10.	ESTRUCTURA CABLE DE TUBO HOLGADO	46
Figura 11.	ESTRUCTURA CABLE DE TUBO AJUSTADO	48
Figura 12.	FIBRA MULTIMODO,	50
Figura 13.	FIBRA MONOMODO	52
Figura 14.	ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA RED CATV,	62
Figura 15.	CABECERA DE SERVICIOS	71

Figura 16.	ENLACE SENCILLO DE CABECERAS CON NODOS PRIMARIOS	73
Figura 17.	ENLACE REDUNDANTE DE CABECERAS CON NODOS PRIMARIOS	74

LISTA DE TABLA

		PAGINA
Tabla 1.	TIPOS DE CABLE COAXIAL THINNET Y CARACTERÍSTICAS SEGÚN SUS REFERENCIAS	32
Tabla 2.	CABLE THINNET VS. THICKNET	36
Tabla 3.	ESPECIFICACIONES DEL CONECTOR BNC	39
Tabla 4.	EVOLUCIÓN DE LOS CABLES COAXIAL	41
Tabla 5.	CÓDIGO DE CUBIERTA EXTERNA DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA	56
Tabla 6.	IDENTIFICADOR DE FIBRA ÓPTICA SEGÚN FABRICANTES	57
Tabla 7.	IDENTIFICADOR DE FIBRA ÓPTICA PARA CABLE DE DOS TUBOS	58
Tabla 8.	HISTORIA DE LA FIBRA ÓPTICA	59
Tabla 9.	VERSIONES DEL ESTÁNDAR DOCSIS INDICANDO PRESTACIONES, SERVICIOS Y BENEFICIOS	66
Tabla 10.	SERVICIOS PRESTADOS POR LAS REDES HFC	78

RESUMEN

Las redes de cable híbrido Fibra – Coaxial son Tecnologías de redes de acceso, que se encuentran en el boom de su desarrollo, pues todos queremos obtener un acceso de calidad a la información, pues esta es el poder del siglo XXI.

Pero el desconocimiento de esta tecnología, las redes Híbridas fibra – coaxial (HFC) ha llevado a que cada día tengamos mas inconvenientes en las comunicaciones que exigen una gran tasa de transferencia, pues aunque esta tecnología es novedosa, el acceso a ella es algo aun no cubierto en la totalidad por los proveedores de Internet. En Colombia algunos proveedores como Telefonica Telecom, Une, y Cable Net, entre otros, prestan este servicio a la comunidad cibernauta, obteniendo esta grandes privilegios a un bajo costo.

Este tipo de redes tuvieron origen en los sistemas de transmisión de Televisión por cable, pero con el pasar del tiempo y al surgir en el mercado necesidades de mejorar los servicios de transmisión servicios, expresados principalmente en la proporción de incrementar el ancho de banda, sin delimitar a las redes de cable coaxial a una transmisión unidireccional; hasta hoy que surgen las redes

HFC, la cual admite mediante acceso único variedad de servicios conformados por un perfil integrado.

Como su nombre lo describe es una fusión de la tecnología Fibra Óptica con la conexión del cable coaxial.

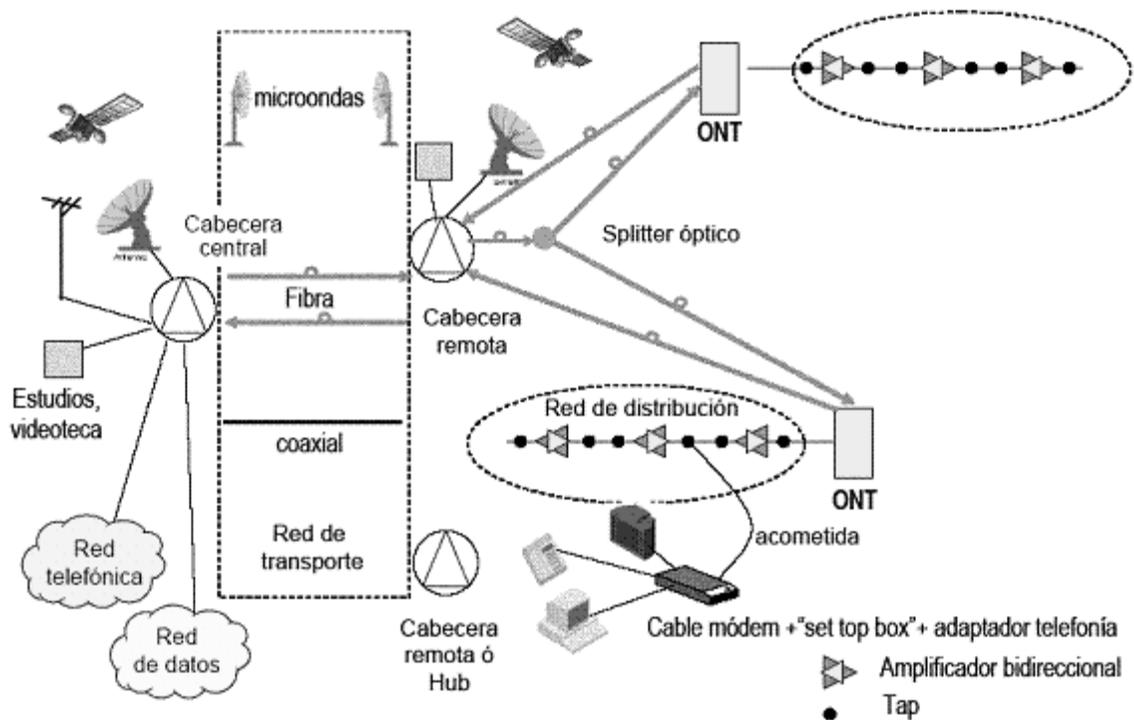
El cable coaxial surge en los años 70' como respuesta a la necesidad de un medio confiable para la transferencia de datos, se caracterizó por dar conexión de dispositivos a mayores distancias, lo que le abrió paso en el mercado del momento, La no obstrucción de señales externas y el eficiente transporte con atenuación mínima en un gran ancho de banda lo diferenciaron de los cables ya existentes pero la principal desventaja del cable coaxial es el transporte en grandes distancias de señales de alta frecuencia, disminuyendo el costo de la red, pues el ruido se hace mayor que la señal lo que exige implementar amplificadores.

A inicio de los 80` surge el invento de utilizar la luz como medio de transferencia de información, la cual fuera una línea de transmisión confiable e imperturbable, a la cual llamaron fibra óptica, porque por ella se transmite información lumínica. al pasar de los años, este tipo de interconexión fue tomando fuerza y obteniendo alta velocidad de transmisión, mayor distancia de recorrido sin

repetidores, baja tasa de interferencia y algunas otras especificaciones que lo hacen de un muy buen medio de transmisión de datos.

Las redes híbridas de cable coaxial y fibra óptica se basan en una estructura conformada de una conexión de cable coaxial en los nodos finales, pero alimentada de fibra óptica, la cual viaja en los postes de luz en cable ópticos holgados. La característica principal de esta tecnología es que parte de la red de cable coaxial es sustituida por la fibra óptica, con el fin de obtener más capacidad para la prestación de los servicios requeridos y más calidad en cuanto al alcance, utilizando este tipo de redes en distancias más amplias con transmisiones bidireccionales.

Cabe resaltar que la organización de las redes híbridas fibra - coaxial se componen de una *cabecera*, una *red troncal* la cual esta estructurada con anillos o estrellas redundantes de fibra óptica los cuales dan conectividad con el grupo de nodos primarios y una *red de distribución* donde se distribuye la red hacia los hogares desde los puntos de distribución mediante la estructura tipo bus coaxial



Estructura básica de una red CATV,

Fuente: tecnología de acceso basada en fibra óptica: Redes HFC

Los servicios más resaltados en esta tecnología son: Televisión Analógica y Digital, Internet Banda Ancha, Grabaciones de Video Digital (DVR), Pago por ver (PPV), Transmisión de Datos, Juegos Interactivos, Video foro, Servicios Multimedia , Telefonía, Video bajo Demanda (VoD), Grabaciones de Video Digital (DVR).

Los principales logros de la redes HFC son el aumento en la confiabilidad de la red, la alta tasa de transferencia y el costo de la instalación.

INTRODUCCIÓN

En la sociedad del siglo XXI la comunicación informática se encuentra ubicada en el puesto principal de las necesidades personales y empresariales, por ello está situada en un lugar esencial de nuestras vidas, debido a esto el crecimiento de las redes de comunicación ha sido incrementado exponencialmente, ligado a que es poco probable que existan hoy comercios , educación y demás otros servicios que no se encuentren apoyados en las redes y que menudo anuncian sus servicios o productos que anuncian en búsqueda de nuevos clientes, pues la información es el nuevo poder.

Desde el surgimiento de Internet desde el surgimiento de Internet las masas han tratado de acceder e interconectarse directamente hasta el punto que se puede considerar que existen más de 500 millones de personas en todos los continentes del mundo, ofreciendo diversidad en los servicios, en las tasas de transferencia, costos y algunas otras variables que influyen en la comunicación, porque este elimina las fronteras físicas y posibilita la interactividad en un mundo globalizado que concibe tiempo real.

El acceso a Internet es posible mediante muchísimos medios, pero en este caso esta monografía explica el acceso a Internet implementando las redes de fibra óptica que viajan en los postes de luz y que hacen conexión a los hogares con el cable coaxial de la televisión mediante un cable modem, colocando en funcionamiento la recepción de las señales transmitidas en la plataforma de la televisión por cable.

Este tipo de conexión abre paso a las llamadas redes híbridas, las cuales permiten comunicación mediante la combinación de medios y dispositivos dispuestos para esta función en busca de mejorar debilidades para ofrecer servicios de mayor calidad, que marquen la diferencia en el mercado y que soporten gran variedad de servicios con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios finales, los cuales son cada día más exigentes.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer la historia de las conexiones de red con cable híbrido fibra - coaxial hacia Internet, realizando comparaciones en precio, costos, concluyendo el análisis de esta tecnología a nivel local, nacional y mundial.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mostrar las características de la fibra óptica en el mercado, aplicaciones, costos, y evolución.
- Presentar el cable coaxial como herramienta de conexión a Internet.
- Dar a conocer el surgimiento, el presente y la proyección de las redes con cable híbrido fibra-coaxial en cuanto se refiera a la conexión a Internet a nivel local, nacional y mundial.
- Establecer las diferencias entre las tecnologías de fibra óptica, cable coaxial y cable fibra-coaxial, definiendo ventajas y desventajas entre ellos.

JUSTIFICACIÓN

El acceso a la comunicación es la necesidad de esta época, el estar conectado a Internet es más que una práctica usual, es la satisfacción de la necesidad que vivimos; Internet posee muchísimas funciones entre las cuales son más frecuentes las que hacen referencia a estudios, negocios, entretenimiento y conexión con amigos y demás personas.

En la óptica laboral la implementación de las comunicaciones inicia desde las comunicaciones internas implementando tecnologías que le permiten estas características, la comunicación es usualmente basada en desarrollo de sistemas centralizados.

La conexión con Internet es indispensable en la mayoría de las vidas cotidianas de las personas en el mundo y la velocidad a la cual tengamos acceso es tal vez el punto más importante que los usuarios finales exigen, pues esto permite una mayor tasa de transmisión, esto apoyado en la actualización de los diseños de los sitios de Internet en donde cada día proporcionan paquetes de información más completos y por lo tanto de mayor tamaño, lo que dificulta la transferencia.

La disponibilidad de la banda ancha brinda, ya sea principalmente por el precio de las tasas de transferencia, un buen servicio y desempeño, pero el mejoramiento de los servicios prestados por las páginas de Internet que incorporan cada día imágenes, archivos multimedia, Messenger más pesadas han hecho que la velocidad de transmisión de la banda ancha resulte poco.

En la actualidad la combinación de la fibra óptica y el cable coaxial, la cual se encuentra en sus orígenes, es la solución a muchas de las necesidades que se presentan día a día brindando mejor servicio con una mayor tasa de transferencia a un costo bajo en comparación a los demás.

1. CABLE COAXIAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Cable eléctrico constituido por dos conductores concéntricos, un trenzado de cobre – positivo -, y otro exterior con apariencia de tubo; además consta de una malla trenzada de aluminio o cobre o un tubo, la cual provoca un resultado de blindaje y es útil para el retorno de las corrientes; estos son apartados el dieléctrico – una capa aislante - de la cual depende la calidad del cable. Esta malla protege la transferencia de los datos, bloquea el ruido¹.

1.2. HISTORIA DEL CABLE COAXIAL

El cable coaxial tiene su origen a inicio de los años 70´ época en donde la corporación Datapoint estructuraba las primeras redes comerciales² las cuales se basaban en el protocolo ARCNET - Attached Resource Computer Network – e implementaban este cable con conexiones de 2.5 Mbps, alta velocidad en aquel momento, este protocolo fue lo más

¹ CABLEADO ESTRUCTURADO, www.arqhys.com/arquitectura/cable-coaxial.html,

² Historia y evolución de las redes, Esemanal en Internet, http://209.85.215.104/search?q=cache:GTnoh-H2SWGj:www.esemanal.com.mx/articulos.php%3Fid_sec%3D18%26id_art%3D6353

revolucionario de la industria de las telecomunicaciones, “pues satisfacía la necesidad de interconectar dentro de una misma empresa dispositivos claves para su funcionamiento eficaz como lo son: datos, impresoras... reduciendo los costos sin tener en cuenta la seguridad de la información³”.

Las primeras redes estaban constituidas e interconectadas por el cable coaxial, estas redes aunque abrigaban grandes distancias, eran limitadas por el hecho de que cada vez que se agregaba un equipo había problemas con la cantidad de cable.

Al salir el protocolo Ethernet a finales de los 70´ con 10 Mbps la industria se ocupó de la seguridad de la información, lo cual desplazaba a Arcnet ya que Ethernet brindaba mayor protección a esta.

En los 80´ el cable coaxial fue el más utilizado, las principales causas fueron que este era barato, flexible, ligero y de fácil manejo, pero su debilidad principal fue la seguridad pues fácilmente se podía intervenir la

³ Felipe Rabía, miembro de BICSI y gerente de Ventas para México y Centroamérica de Panduit.

línea y robar información, lo cual lo llevo a ser remplazado por la fibra óptica en lo que refería a distancias largas, de varios kilómetros, pero esta exigía mayor inversión.

1.3 USO DEL CABLE COAXIAL

Este tipo de cables es utilizado comúnmente para:

- Televisión por cable (CATV)
- Internet
- Distribución de señal de vídeo (se suele usar el RG-59)
- Redes de transmisión de datos Ethernet versiones 10BASE2 y 10BASE5
- Redes telefónicas interurbanas
- Cables submarinos

1.4 ESTRUCTURA DEL CABLE COAXIAL

Consiste básicamente en un núcleo sólido de cobre envuelto en un aislante, un apantallamiento⁴ de alambre de tierra, blindaje y otra cubierta protectora. Inicialmente el cable coaxial aparentaba una transmisión de datos superior, lo cual lo hacía posesionarse en el mercado sobre otros como el par trenzado.

Una de las características principales del cable coaxial es la conexión de dispositivos a mayores distancias que el entonces cable par trenzado, lo que lo hacía más solicitado en redes ETHERNET y ARCNET.

La no obstrucción de señales externas y el eficiente transporte con atenuación mínima en un gran ancho de banda lo diferencian de un cable normal.

⁴ Apantallamiento: malla de metal (u otro material) que rodea algunos tipos de cable.

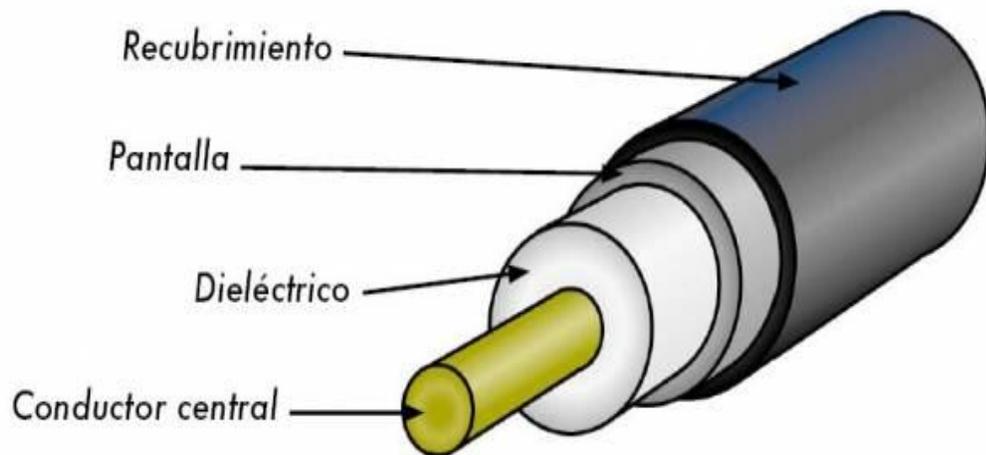
La principal desventaja del cable coaxial es el transporte en grandes distancias de señales de alta frecuencia⁵, pues el ruido se hace mayor que la señal lo que exige implementar amplificadores, los cuales aumentan el costo de la red.

FIGURA 1.

Cable coaxial con apantalla, recubrimiento, dieléctrico y conducto central,

fuelle: Montevideo libre,

http://www.montevideolibre.org/manuales:libros:wndw:capitulo_4:cables



⁵ CABLEADO ESTRUCTURADO, www.arqhys.com/arquitectura/cable-coaxial.html,

Al cable que contiene una lámina aislante y una capa de apantallamiento de metal trenzado se le denomina cable apantallado doble. Para entornos que están sometidos a grandes interferencias, se encuentra disponible un apantallamiento cuádruple⁶. Este apantallamiento consta de dos láminas aislantes, y dos capas de apantallamiento de metal trenzado,

El núcleo del cable es el encargado de transportar las señales electrónicas que conforman los datos, si el núcleo del cable es sólido entonces es de cobre, sino no es sólido sino de hilos. A este núcleo lo encapsula la capa aislante dieléctrica, la cual protege al núcleo del ruido eléctrico⁷

La cubierta exterior es de goma, Teflón o plástico, lo que la hace no conductora, está cubierta rodea todo el cable haciéndolo resistente a la interferencia y a la atenuación, la cual hace del cable coaxial una buena opción para transportar informaron en grandes distancias y tolerar grandes cantidades de datos.

⁶ http://www.montevideolibre.org/manuales/libros:wndw:capitulo_4:cables

⁷ Cableado de una red, http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm

En la actualidad el cable coaxial es capaz de transmitir voz, video, datos a distancias mayores con menor costo y además con una seguridad tolerable y aceptable⁸.

1.5 CLASIFICACIÓN DEL CABLE COAXIAL

Los cables coaxiales se clasifican en dos grandes tipos de cables: cable coaxial thinnet y cable coaxial thicknet.

1.5.1 CABLE COAXIAL THINNET (ETHERNET FINO)

Se caracteriza por ser un cable coaxial flexible y de fácil manejo, por ello es utilizado satisfactoriamente en las instalaciones de redes, este cable thinnet tiene un diámetro de 0,64 centímetros de grosor o 0,25 pulgadas. Transporta eficazmente la señal en distancias aproximadas a 185 metros sin sufrir atenuación. Es usado en 10base2.

⁸ Cableado de una red, http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm

FIGURA 2 .

cable coaxial thinnet, fuente: Black box – network services,

<http://www.blackbox.com/Catalog/Detail.aspx?cid=45,85,771&mid=437>



Este cable, el cable coaxial Thinnet conforma la familia RG-58, con una impedancia⁹ de 50 Ohm. En donde la característica en común es el núcleo central de cobre¹⁰. Algunos cables que conforman esta familia son:

⁹ generaliza la ley de Ohm en el estudio de circuitos en corriente alterna en un hilo

¹⁰ Cableado de una red, http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm

TABLA 1.

Tipos de cable coaxial THINNET y características según sus referencias,
fuente: Cableado de una red, http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm

CABLE	CARACTERÍSTICA
RG-58/U	Núcleo de cobre sólido.
RG-58 A/U	Núcleo de hilos trenzados
RG-58 C/U	Especificación militar de RG-58 A/U.
RG-59	Transmisión en banda ancha, como el cable de televisión
RG-60	Mayor diámetro y considerado para frecuencias más altas que RG-59, pero también utilizado para transmisiones de banda ancha.
RG-62	Redes ARCnet

1.5.2 CABLE COAXIAL THICKNET (ETHERNET GRUESO)

Se caracteriza por ser un cable coaxial comparativamente rígido a causa de sus 1,27 centímetros de diámetro que mide su grosor aproximadamente y su núcleo de cobre es más grueso que el del cable Thinnet. El cable Thicknet también es denominado **Ethernet estándar** ya que la arquitectura de red Ethernet nació su implementación.

FIGURA 3.

Cable coaxial thicknet, Fuente: Jobstown networking,
<http://networking.jobstown.net/cable.html>



Es importante resaltar que mayor sea el grosor del núcleo de cobre aumenta la capacidad de transportar mayor distancia las señales a unos 500 metros. Es utilizado en 10base5.

Gracias a la capacidad del cable coaxial thicknet de tolerar la transferencia de datos a mayor distancia lo hace el cable ideal para el cableado central o backbone, conectando varias redes conectadas internamente por el cable coaxial thinnet.

El cable coaxial Thinnet es conectado al cable coaxial Thicknet mayor mediante la implementaron de un transceiver diseñado especialmente para Ethernet Thicknet el cual contiene un conector¹¹ para establecer la conexión real – física- con el núcleo del Thicknet llamado perforador o vampiro, el cual permite el contacto con el núcleo de conducción directamente abriendo parcialmente la capa aislante. Este transceiver se interconecta con la tarjeta de red del equipo utilizando un cable del puerto de la interfaz de conexión de unidad (AUI) a la tarjeta, el cual también es llamado Digital Intel Xerox (DIX).

¹¹ GeoCities Free , http://www.geocities.com/pagina_de_redes/i2.html

1.5.3 CABLE THINNET vs. THICKNET

FIGURA 4

Cable Thinnet vs. Thicknet, fuente: Learning network, <http://learn-networking.com/network-design/a-brief-overview-of-ethernet-history>



TABLA 2.

Cable Thinnet vs. Thicknet, fuente: Cableado de una red,
http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm

	CABLE THINNET	CABLE THICKNET.
MANEJO	Flexible	Difícil
INSTALACIÓN	Sencilla	Complicada
COSTO	Bajo	Alto
PARÁMETRO	10 Base 5	10 Base 2
TRANSPORTE DE LA SEÑAL	185 sin atenuación	500 metros
TASA DE TRANSMISIÓN	10 Mbps	10 Mbps
PARÁMETRO/TIPO DE CABLE	10Base5	10Base2
IMPEDANCIA	50 Ohms	50 Ohms, RG58

1.6 HARDWARE DE CONEXIÓN DEL CABLE COAXIAL.

FIGURA 5

Conector BNC, fuente: tech faq, <http://www.tech-faq.com/lang/es/bnc-connector.shtml&usg=ALkJrhj5S59ekd-HqNJKtPtIeCoDbbyNtQ>



Los cables Thinnet y Thicknet usan el conector BNC el cual permite interconectar los cables con los equipos. La familia BNC se diferencia por algunos componentes en los que incluyen los siguientes¹²:

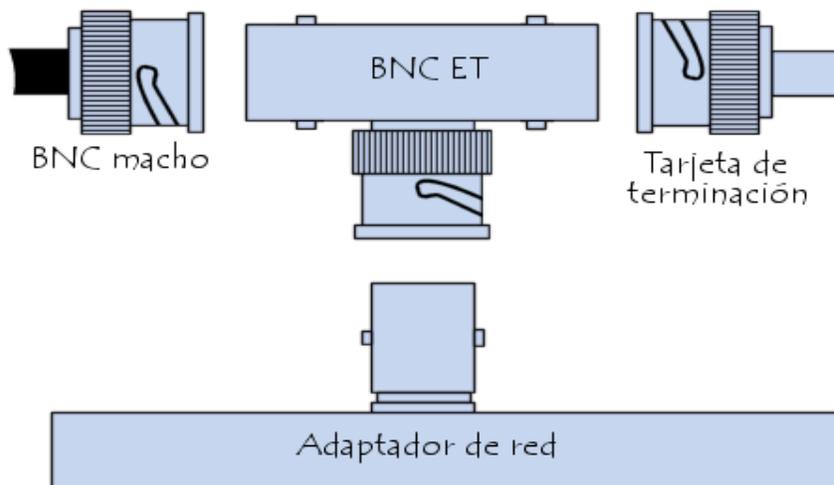
- El conector de cable BNC: Se encuentra soldado o incrustado en el extremo de un cable.
- El conector BNC T: Es el encargado de conectar la tarjeta de red (NIC) con el cable de la red.

¹² Cables y conectores, <http://es.kioskea.net/elec/connecteur-prise-bnc.php3>

- Conector acoplador (barrel) BNC: Une dos cables Thinnet con el fin de ganar mayor longitud.
- Terminador BNC. El terminador BNC cierra el extremo del cable del bus para absorber las señales perdidas.

FIGURA 6.

Conectores del cable coaxial, fuente: kioskea,
<http://es.kioskea.net/transmission/transcabl.php3?imprim=1>



Existen otros conectores BNC, con atributos y características diferentes, que se acoplan a la necesidad de cada cliente, como lo muestra la tabla a continuación.

TABLA 3.

Especificaciones del conector bnc, fuente: Tipo De Cables De Red, Para conectar equipos,
<http://informaticanicaragua.net/index.php?topic=122.msg619#msg619>

TIPO	IMPEDANCIA	USOS
RG-8	50 Ohms	10Base5
RG-11	50 Ohms	10Base5
RG-58	50 Ohms	10Base2
RG-62	93 Ohms	ARCnet
RG-75	75 Ohms	Ctv - televisión

1.7 NORMAS DE INCENDIOS EN EL CABLE COAXIAL

Teniendo en cuenta todo tipo de seguridad, los cables deben cumplir especificaciones según el lugar donde hayan de ser colocados, cumpliendo estas, los cables coaxiales pueden ser de Cloruro de polivinilo (PVC) o de Plenum¹³.

1.7.1 CLORURO DE POLIVINILO (PVC)

Este tipo de cable coaxial de PVC es fácil de instalar y flexible, cuando se quema desprende gases tóxicos. Su recubierta plástica construye un aislante en la mayoría de los cables que la implementan.

1.7.2 PLENUM:

Este tipo de cable es resistente al fuego y producen poco humo, se encuentra ubicado entre el falso techo y el piso de arriba, también es utilizado verticalmente, su costo es más elevado y es menos flexible que el cable de cloruro de polivinilo. Para la instalación de este cable en una oficina es conveniente instruirse en las normas de electricidad y fuego del edificio para la regulación y requerimientos específicos.

¹³ Medios de transmisión, cableado de una red, http://carinalusso.iespana.es/cable_de_par_trenzado%20II.htm

1.8 TABLA EVOLUCION DELCABLE COAXIAL

TABLA 4

Evolución de los Cables Coaxial, fuente: El foro de Wíreless en español,
http://www.zero13wireless.net/alvarito84/Otros/cables_coax.pdf

AÑO	INVENTOR	AVANCE	OBJETIVO
1940	Militares	Inicio del cable coaxial	Cable eléctrico con menor atenuación
1950	-	-	-
1970		Cable Tipo: Bamboo, Airflex Y H-100	Mantener una atmósfera completamente seca y con una pequeña sobrepresión para evitar la entrada de humedad externa

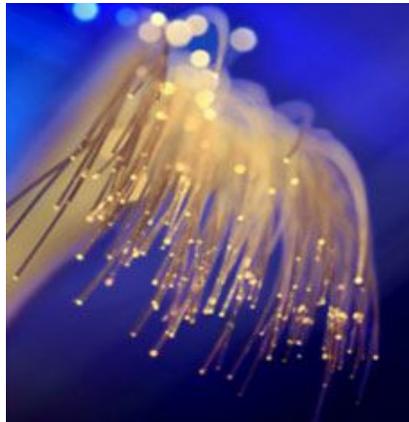
2. FIBRA ÓPTICA

2.1 INTRODUCCION

A principios de la década de los 80` Alexander Graham Bell intento utilizar la luz como soporte de transferencia de información, desde entonces se trabajo en una línea de transmisión confiable e imperturbable, a la cual llamaron fibra óptica, porque por ella se transmite información lumínica¹⁴.

FIGURA 7

Fibra Óptica, fuente: B y C computación,
<http://www.byccomputacion.cl/fibra.htm>



¹⁴ Textos Científicos, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

De la fibra óptica se puede decir que es una hebra de vidrio de diámetro delgado, aproximadamente 0.1 mm, conductor de luz; cada uno de los filamentos de la fibra óptica se compone de por tres elementos: Led, Fibra óptica, ¹⁵ fotodiodo, en donde la fuente de luz es simbolizada con el Led o laser, el medio de transmisión es la fibra óptica como tal y la función del fotodiodo es la de detectar la luz.

La composición del cable de fibra es completada con el núcleo, manto, tensores, cubiertas y el recubrimiento de este, lo que lo hace más económico que el cable de cobre¹⁶.

Para la fabricación del cable de fibra óptica se utilizan materiales de vidrio y materiales plásticos, especificando los tres tipos de cables disponibles¹⁷:

- Núcleo de plástico y cubierta plástica
- Núcleo de vidrio con cubierta de plástico (fibra PCS, El núcleo silicio cubierta de plástico)

¹⁵ Herramienta web para la enseñanza de protocolos de comunicación, <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html>

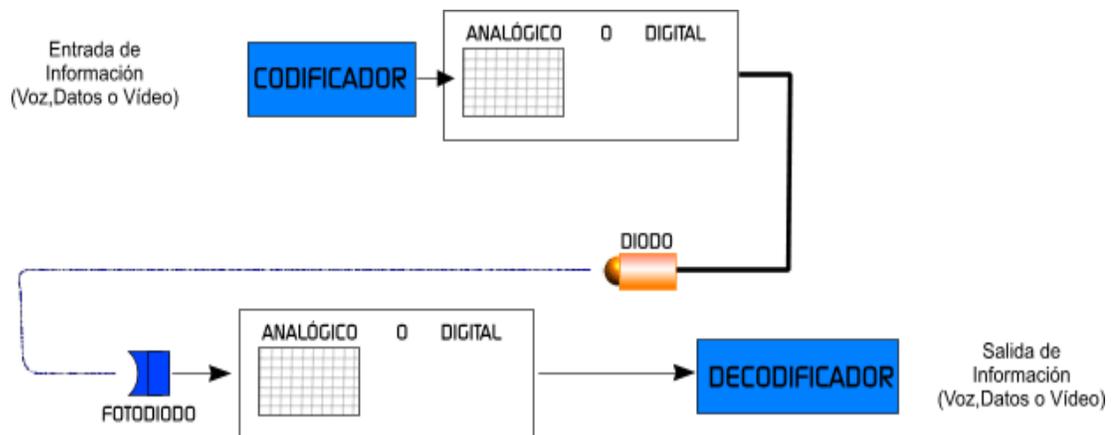
¹⁶ Fibra Óptica ¿Qué es?, <http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp>

¹⁷ Electrónica aplicada a los sistemas de comunicación, Frenzel Louis E, Pág. 205

- Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio (SCS, silicio cubierta de silicio)

FIGURA 8

Propagación de señales sin pérdida en la fibra óptica, fuente: Herramienta web para la enseñanza de protocolos de comunicación, <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html>



En la fibra óptica se disminuye la atenuación, por ello esta es manejada en telecomunicaciones porque permite enviar una gran cantidad de datos a una mayor velocidad, ósea, la atenuación es menor ya que los datos no se extravían por refracción o dispersión de luz.

2.2 CONSTRUCCIÓN DEL CABLE.

La fibra óptica se caracteriza por dos construcciones básicas según el cable de estructura holgada y el cable de estructura ajustada¹⁸.

2.2.1 CABLE DE ESTRUCTURA HOLGADA

Este tipo de fibra esta constituida por variados tubos de fibra que rodean el refuerzo del cable, estos se encuentran protegidos por la cubierta protectora, estos tubos tienen de 2 a 3mm de diámetro, y poseen diversas fibras que descansan en forma de hojaldra sobre el; estos tubos generalmente se encuentran llenos de gel lo que les hace resistente al agua. La característica principal de esta construcción es que el tubo de holgado incomunica a la fibra y la protege de las fuerzas mecánicas del exterior.

¹⁸ Textos científicos, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>

FIGURA 9

Cable de tubo holgado, fuente: Textos científicos,
<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>

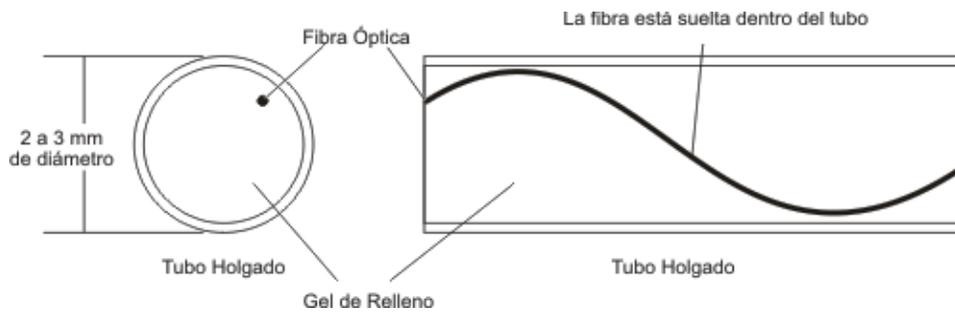
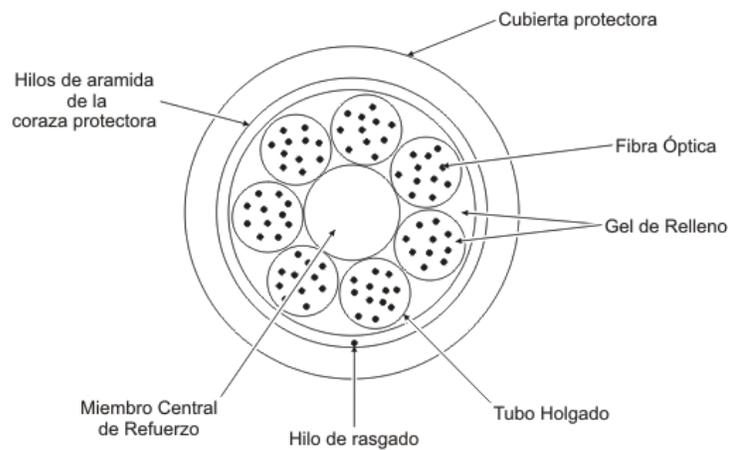


FIGURA 10

Estructura cable de tubo holgado, fuente: Textos científicos,
<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>



El cable contiene en la zona central un refuerzo que es usualmente de acero o un elemento similar a este, el cual genera soporte y resistencia durante el proceso de instalación tendido del cableado. El cable posee además una cubierta de polietileno o goma que le permite su instalación en exterior e interior, según sea el caso; esta cubierta es numerada consecutivamente en cada metro por el fabricante con el fin de ubicar los fallos con el OTDR¹⁹.

Estos cables de estructuras de hojaldra son comúnmente implementados en exteriores, tanto en tubos conductores como en aplicaciones aéreas, no es aconsejable en instalaciones verticales, pues existe el riesgo de acumulación del gel en la parte posterior de este.

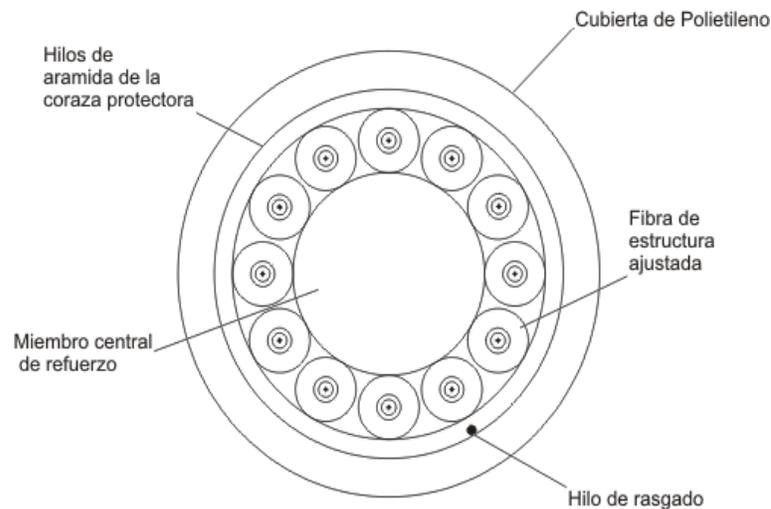
¹⁹ OTDR: Optical Time Domain Reflectometer - Es un reflectómetro óptico en el dominio tiempo. Es un instrumento de medición que envía pulsos de luz, para luego medir sus "ecos", o el tiempo que tarda en recibir una reflexión producida a lo largo de la FO. Luego se podrán medir atenuaciones de los diferentes tramos, atenuación de empalmes y conectores, atenuación entre dos puntos, etc.

2.2.2 CABLE DE ESTRUCTURA AJUSTADA

En esta estructura del cable de fibra óptica se encuentran presentes diversas fibras que rodean el centro del cable, cubiertas de una capa de protección exterior²⁰. El recubrimiento de la fibra óptica es de aproximadamente 250 μm y este es protegido por una cubierta plástica de 900 μm

FIGURA 11

Estructura cable de tubo ajustado, fuentes: Textos científicos, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>



²⁰ Introducción a la Ingeniería de la fibra óptica, Rubio Martínez Baltasar, Pág.: 328

La protección secundaria actúa como una protección adicional ante el entorno procede también como soporte físico, lo que admite que este sea conectado directamente sin protección en los empalmes; en algunos casos, este tipo de estructura disminuye el costo de la instalación.

El cable de estructura ajustada posee un cable de estructura mas pequeño y es mas flexible que el cable de estructura hojalda, su diseño es para instalaciones en interiores y soporta instalaciones verticales.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA ÓPTICA

Dependiendo de cómo sea el modo de propagación del haz de luz internamente en la fibra óptica encontramos dos tipos²¹: fibra monomodo y fibra multimodo.

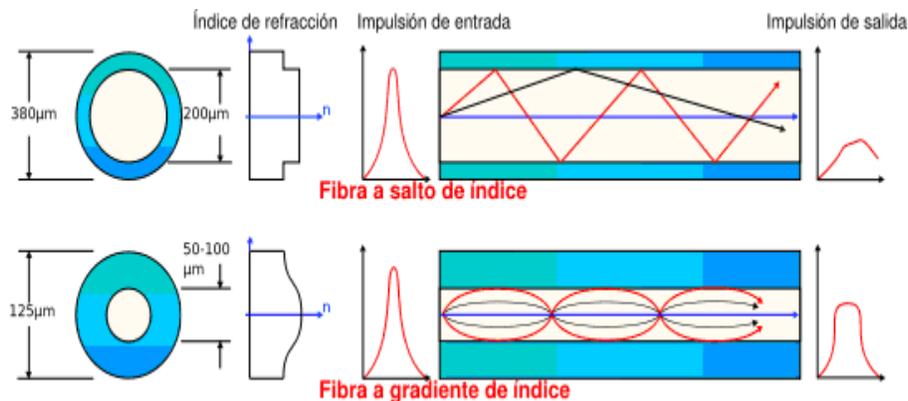
²¹ Medios de Transmisión,
<http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/fundamentostelematica/material/apuntes/tema3/tema03.htm>

2.3.1. FIBRA MULTIMODO

En la fibra multimodo el haz de luz circula por más de un camino o modo, son utilizadas en aplicaciones menores a 1 Km. y emplean diodos láser con una intensidad baja, ósea que guían y transmiten los rayos de luz por flexiones sucesivas.

FIGURA 12

Fibra multimodo, fuente: Maringa, Inteligencia Colectiva, <http://www.taringa.net/posts/info/1040647/Fibra-Optica.html>



Este tipo de fibra en su núcleo maneja un índice de refracción superior lo que indica que su núcleo es bastante grande permitiendo así hacer una conexión mucho más fácil y mayor tolerancia a dispositivos de menor

presión. Esta a su vez cuenta con una clasificación propia dependiendo del tipo de refracción:

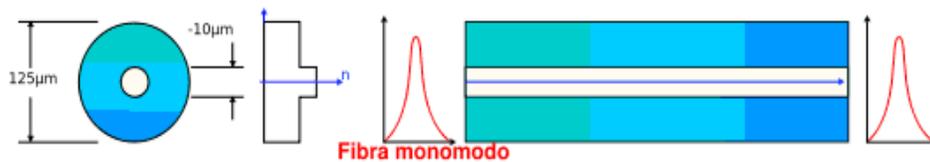
- Índice escalonado: el núcleo de esta fibra cuenta con un índice de refracción permanente en toda la parte cilíndrica.
- Índice gradual: el núcleo de esta fibra esta compuesto por varios materiales y su índice de refracción no es permanente.

2.3.2 FIBRA MONOMODO

En esta clase de fibra, la luz se irradia de un solo modo, esto se logra cuando el tamaño del núcleo se reduce a 8.3 0 10 micrones. Estas son utilizadas para distancias de 100 Km. máximo y para transmitir grandes tasas de información. La principal característica de esta a la capacidad de soportar un elevado ancho de banda.

FIGURA 13

Fibra Monomodo, fuente: Maringa, Inteligencia Colectiva,
<http://www.taringa.net/posts/info/1040647/Fibra-Optica.html>



Este tipo de fibra posee un emisor de luz, el cual no es aprovechado en su máxima capacidad; el costo de este cable es alto, pues su fabricación es compleja y perfecta.

2.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Como cualquier cable encargado de transmisión de datos la fibra óptica tiene sus ventajas y desventajas:

2.4.2 VENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Con relación a los otros tipos de cables encontramos un gran número de ventajas que hacen pensar en la fibra óptica como un gran medio de transmisión²²:

- Mayor Velocidad de Transmisión: las señales son transmitidas a la velocidad de la luz.
- Mayor Capacidad de Transmisión: cuando la distancia es grande mayor es la velocidad que se alcanza con una atenuación mínima, además en ella se pueden propagar ondas de longitud variada en forma simultanea, lo que le genera un gran ancho de banda
- La distancia que se utiliza para colocar un repetidor es mayor.
- Inmunidad total ante las interferencias producidas por aparatos electromagnéticos, pues no es conductor de corriente.
- Esta clase de cable es adecuada en lugares donde la temperatura es alta, pues tolera desde -40 hasta 200 °C
- Baja atenuación: gracias a esto puede establecer enlaces directamente sin repetidores, de 100 a 200 kilómetros, lo que la hace confiable y económica²³.

²² Medios de Transmisión,
<http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/fundamentostelematica/material/apuntes/tema3/tema03.htm>

²³ Textos científicos, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

- Bajo peso y tamaño: lo que hace disminuir el costo de instalación, descongestionando los ductos.
- Gran flexibilidad y disponibilidad: la fibra óptica es construida con materiales dieléctricos y su recurso principal es el dióxido de silicio (SiO_2), un material abundante.
- Ausencia de radiación: no emite radiaciones electromagnéticas sino luz, es un medio seguro y de calidad alta sin degradación de la información.
- Costo bajo de mantenimiento.

2.4.2 DESVENTAJAS DE LA FIBRA ÓPTICA

Así como podemos observar arriba las múltiples ventajas con las que cuenta la fibra óptica ante los demás cables igualmente tiene algunas desventajas como²⁴:

- Sus fibras son bastante frágiles.
- Su costo es justificado solo en el caso de necesitar un gran ancho de banda.
- Con este cable es imposible transmitir electricidad.

²⁴ Textos científicos, <http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>

- No existen memorias ópticas.
- Cuando el cable se quiebra es bastante complicado hacer una reparación por no decir que imposible.
- Es necesario implementar transmisores y receptores más costosos.

2.5 ESTÁNDARES UTILIZADOS EN LA FIBRA ÓPTICA

Para que el personal encargado de trabajar con estos cables no tuviera problemas en el momento de utilizarlo en cualquier país se crearon unas normas estándares como lo son la TIA - 598 – A

2.5.1 CÓDIGOS DE COLORES DE LA CUBIERTA EXTERNA

De conformidad con el TIA-598-A se describen los siguientes parámetros:

TABLA 5.

Código de cubierta externa del cable de fibra óptica, fuente: Facultad de Electrónica de la Universidad de Antioquia, <http://electronica.udea.edu.co/index.html?pagina=cursos/fibraoptica.htm>, descargar el documento: Cables FO General.ppt

TIPO DE FIBRA	ESPECIFICACIÓN	COLOR
MULTIMODO	50/125	Anaranjado
MULTIMODO	100/140	Verde
MULTIMODO	62.5/125	Gris
MULTIMODO	200/230	Negro
MONOMODO		Amarillo

2.5.2 CÓDIGOS DE COLORES PARA IDENTIFICACIÓN NUMÉRICA DE FIBRAS OPTICAS

Con el fin de identificar los grupos de fibras y cada una de ellas que se encuentran incluidas en los tubos de buffer se tienen como referencia diversos códigos de colores que son adaptados según el fabricante de la siguiente forma:

TABLA 6

Identificador de fibra óptica según fabricantes, fuente: Fibras ópticas,
<http://www.yio.com.ar/fibras-opticas>

**SIECOR (SIEMENS / CORNING
GLASSES)**

1 = VERDE
2 = ROJO
3 = AZUL
4 = AMARILLO
5 = GRIS
6 = VIOLETA
7 = MARRON
8 = NARANJA

PIRELLI - ALCATEL

1 = AZUL
2 = NARANJA
3 = VERDE
4 = MARRON
5 = GRIS
6 = BLANCO
7 = ROJO
8 = NEGRO
9 = AMARILLO
10 = VIOLETA
11 = ROSA
12 = CELESTE

Pero en el caso que se hallen dos tubos de buffer, que serian de colores verde y rojo respectivamente, contando que cada uno de ellos contenga 8 fibras los estándares serán:

TABLA 7

Identificador de fibra óptica para cable de dos tubos, fuente: Fibras ópticas, <http://www.yio.com.ar/fibras-opticas>

BUFFER	FIBRA N°
VERDE	1 = VERDE 2 = ROJA 3 = AZUL 4 = AMARILLA 5 = GRIS 6 = VIOLETA 7 = MARRON 8 = NARANJA
ROJO	9 = VERDE 10 = ROJA 11 = AZUL 12 = AMARILLA 13 = GRIS 14 = VIOLETA 15 = MARRON 16 = NARANJA

2.6 TABLA EVOLUCION DE LA FIBRA OPTICA

TABLA 8

Historia de la fibra óptica, FUENTE: Centro nacional de educación e información educativa, <http://platea.pntic.mec.es/~lmarti2/optral/cap2/fibra-2.htm>

AÑO	INVENTOR	AVANCE	OBJETIVO
1880	Alexander Bell	G. Construcción del Fotófono	Envió de mensajes vocales a corta distancia
1960		Láser	Soporte de comunicaciones viables, frecuencia de 1014 Hz
1966	Kao y Hockman	Articulo de atenuación	de Señalar impurezas en la fabricación de la F.O. y proponer estandarización para su construcción optimizando la calidad
1970	Corning	Fibras de Atenuación de 20 dB/Km	
	AlGaAs	Láser a temperatura ambiente	a Telecomunicaron a temperatura ambiente
1971	C.A. Burrus	Led	Emisor de luz para F.O.

1972		F.O. con núcleo líquido de atenuación 8 dB/Km.	
1973	Corning	f.o SiO ₂ de alta pureza con atenuación de 4 dB/Km.	
1975		F.O. SiO ₂ con dispersión en 1300nm	Disponer de gran banda ancha
1976	NTT y Fujicora	F.O. atenuación 0.47 dB/Km. en 1300 nm	
1977	AlGaAs	Pin - diodo	Fotodetectores para F.O.
1979		Fibra monomodo con atenuación 0.10 dB/Km.	Detectores de bajo consumo y pequeño tamaño

3. TECNOLOGÍA CON CABLE HIBRIDO FIBRA COAXIAL.

3.1 INTRODUCCIÓN

Las redes HFC surgen hacia los años 60 en los estados unidos con el desarrollo de las redes CATV – cable televisión, por las cuales se transmitían señales de TV analógica implementando el cable coaxial, el cual permitía transmisión en manera simultánea diversos canales de TV con calidad óptima²⁵.

Este tipo de redes, las CATV están conformadas comúnmente por topología de árbol, en la cual un nodo cabecera colecciona los canales habilitados a transmitir en la red sin importar su origen²⁶; en la troncal de la red, la cual inicia desde la cabecera, es donde se realiza el transporte de los datos o contenidos hacia la zona de distribución, y en esta zona o red de distribución se transporta desde la cabecera hasta la acometida²⁷

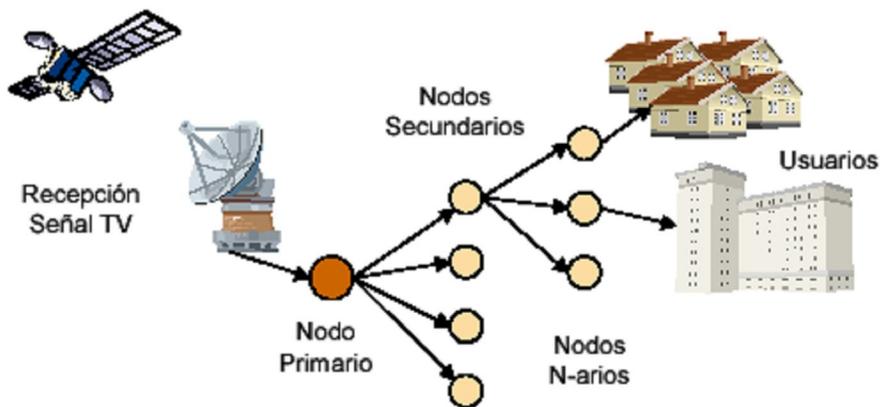
²⁵ Ángel María Andueza Unanua, tecnología acceso basadas fibra óptica: redes HFC-Híbridas Fibra- Coaxial. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_completo.pdf

²⁶ El origen hace referencia del medio de transferencia el cual puede ser analógica terrestre, digital terrestre, fibra óptica, microondas o vía satelital.

²⁷ Acometida: Puntos de distribución.

FIGURA 14.

Estructura básica de una red CATV, fuente: tecnología de acceso basada en fibra óptica: Redes HFC, http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_completo.pdf



La anterior imagen muestra la estructura básica de una red CATV, en donde se representa la distribución de las señales de televisión con recepción vía satélite, y distribuida por red hasta los hogares, donde es recapturado por un cable MODEM.



Cable modem

En el presente las redes CATV han sufrido actualizaciones, llevándolas a evolucionar en sistemas que integran y soportan datos, imágenes y voz, además proporcionan gran capacidad de ancho de banda el cual les permite proyectar calidad optima; todo esto gracias a la incorporación de la fibra óptica²⁸ en la red troncal abriendo campo para los servicios interactivos que precisan comunicación bidireccional, todo esto gracias a la alta capacidad de transmisión que proporciona este medio.

²⁸ Hybrid fiber optic / coaxial (HFC) Network, Sanjay Ernest Tumann, Pág.: 198

Con esta evolución se ha hecho que las CATV sean ampliadas en más redes MAN, y con un mayor número de interconexiones, dejando a un lado las redes de difusión y convirtiéndose en sistemas globales²⁹.

3.2 ESTÁNDARES Y NORMALIZACIÓN

Actualmente se hallan diversos estándares de normalización en lo que se refiere a los servicios de accesos relacionados con las redes HFC, los cuales son primariamente datos y conexión a Internet.

Las redes HFC son sistemas basados en cable módems, los cuales son los equipos que convierten las redes de cable en redes de transmisión de alta velocidad y además redes transparentes.

En la actualidad se cuentan tres tipos de normalizaciones: DOCSIS, EURODOCSIS Y DVB-RCC.

²⁹ Ángel María Andueza Unanua, tecnología acceso basadas fibra óptica: redes HFC-Híbridas Fibra- Coaxial. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_compl eto.pdf

3.2.1 DOCSIS – Data Over Service Interface Specification

Este estándar es establecido por la industria de la televisión por cable con el fin de permitir la interoperabilidad entre las cabeceras de la red y los cables módems.

Este estándar coexisten múltiples normalizaciones normalizaciones que se especifican según las prestaciones, servicios y beneficios que brinda, como se comparan en la tabla a continuación.

TABLA 9

Versiones del estándar DOCSIS indicando prestaciones, servicios y beneficios, fuente: tecnología de acceso basada en fibra óptica: Redes HFC, http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_completo.pdf

ESTÁNDAR	PRESTACIONES	SERVICIOS Y BENEFICIOS
DOCSIS 1.0	Especificaciones	Alta velocidad de datos
5 Mbps u/s	estándar	Acceso a Internet
DOCSIS 1.0	Calidad de	Doble capacidad u/s –
10 Mbps u/s	Servicio, Seguridad	retorno
		Bajo costo
Advanced PHY	S – CDMA	Servicios simétricos
30 Mbps u/s	A – TDMA	Punto a punto
DOCSIS 2.0		Busines – to – busienes

3.2.2 EURO DOCSIS

Este estándar es una extensión del DOcsis, el cual nace con el fin de cumplir a cabalidad los estándares de televisión europeos adaptándose a sus exigencias. Nace como solución a los altos costos de compatibilidad y estandarización de los operadores de TV europeos en 1998.

Este estándar presta rendimientos y servicios parecidos a los proporcionados por DVB-RCC.

3.2.3 DVB-RCC

Surge por la necesidad de adaptar las redes de televisión hacia los nuevos servicios de datos. Este estándar tiene como objetivo soportar servicios de baja latencia, además cumple con los estándares de TV europea.

3.3 VIABILIDAD DE LOS SERVICIOS HFC

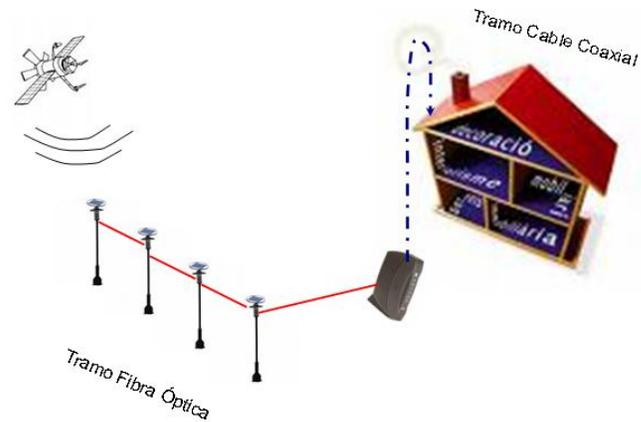
Las redes de acceso implementadas con la tecnología HFC son consideradas como “tecnologías de banda ancha madura³⁰, pero en continua evolución” orientada a la creación de redes totalmente integradas, con amplias capacidades de acceso, compatibilidad con otras tecnologías, servicios y con mayor disponibilidad.

Este tipo de tecnología híbrida ha impulsado la tendencia de las empresas del cable a la sustitución progresiva del coaxial por la fibra óptica; actualmente en las nuevas empresas la red troncal es de tipo fibra óptica y la distribución de tipo coaxial, promovido por los costos asequibles en los equipos de fibra óptica.

A pesar de los costos de despliegue y del diseño de la red, la capacidad de la fibra óptica les permite una red multiservicio, siendo solución a las demandas de red de acceso.

³⁰ Ángel María Andueza Unanua, tecnología acceso basadas fibra óptica: redes HFC-Híbridas Fibra- Coaxial. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_compl eto.pdf

3.4 ARQUITECTURA DE LA RED



Distribución del cable

Para que la conexión a Internet desde las redes HFC llegue a los hogares / puntos finales, estas redes inician desde la señal satelital y viajan por los postes de luz, los cuales están señalados para el transporte de los datos y voz en donde están siendo transferidos en cable de fibra óptica; posteriormente llegan al cable MODEM referenciado y aquí son guiados mediante un cable coaxial hasta su destino final computador, televisor y/o teléfono, como lo indica la anterior ilustración.

Las redes híbridas fibra-coaxial son integradas por cuatro partes: el head-end (cabecera), la red troncal, y la red de distribución.

3.4.1 HEAD-END (LA CABECERA)

En la cabecera de la red se realizan los procesos de monitoreo y supervisión de la red, procesos que brindan un alto grado de fiabilidad, aquí se realizan además las funciones de recolección, comprimido y multiplexación de las variedad de señales brindadas por el proveedor de servicio³¹, satisfaciendo el transporte de servicios innovadores en las en las arquitecturas nuevas de gran complejidad. Esta parte de la red es la encargada del control de los servicios prestados y de la tarificación de estos³². Además se establecen interconexiones con redes de trasportes fijos o móviles, también incluye el acceso a los variados servicios que se brindad.

Se destacan dos partes fundamentales: **Cabecera de Servicios** lugar en el cual se da origen a las señales que serán transmitidas a través de la red, además en esta cabecera de servicios se hallan los sistemas que prestan de manera integrada los servicios en forma integral. Y la **Cabecera Óptica** lugar constituido para dar soporte a la variedad de servicios transmitidos en la red, llamado esta función equipamiento óptico.

³¹ Sistemas de Acceso Óptico: Redes-HFC,
http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

³² VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CABLE HIBRIDO FIBRA -COAXIAL (HFC)
<http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Perez%20Jose/IEEE802141.html>

FIGURA 15

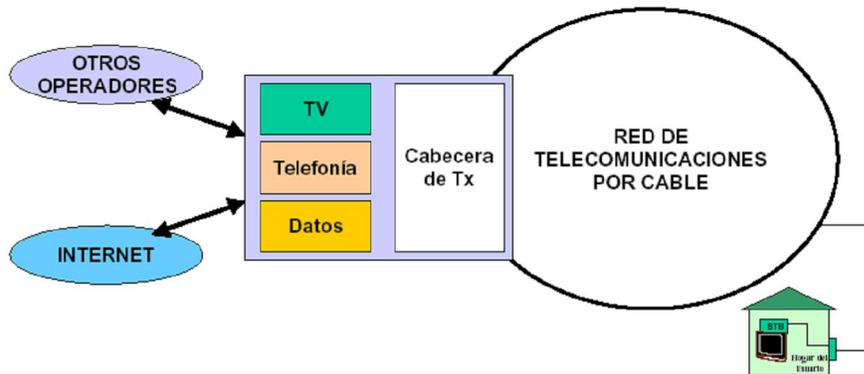
Cabecera de servicios, fuente: tecnología de acceso basada en fibra óptica:

Redes

HFC,

<http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos>

[%20descarga/PFC_completo.pdf](http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos)



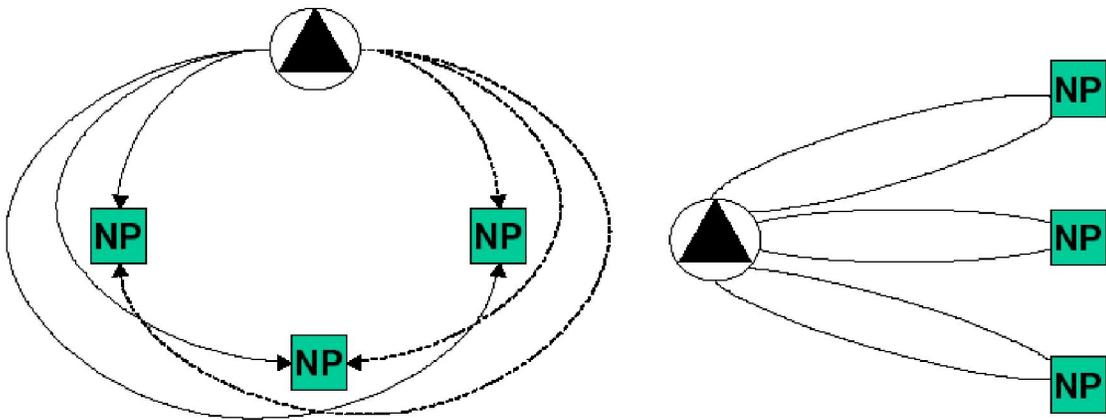
3.4.2 RED TRONCAL

Posee usualmente la estructura de anillos o estrellas redundantes de fibra óptica el cual da conectividad con el grupo de nodos primarios, suelen tener enlaces redundantes. Como es necesario la construcción de redes ATM, entonces es implementada la tecnología SDH (Jerarquía Digital Sincronía), los nodos finales y los nodos finales son interconectados en la red troncal secundaria óptica en la cual, llegan a poseer un nivel más bajo de cobertura que en la red troncal principal.

Red troncal primaria: es una red tipo óptico que enlaza la cabecera con los nodos primarios, usualmente son de topología anillo, estrella con redundancia cíclica.

FIGURA 16

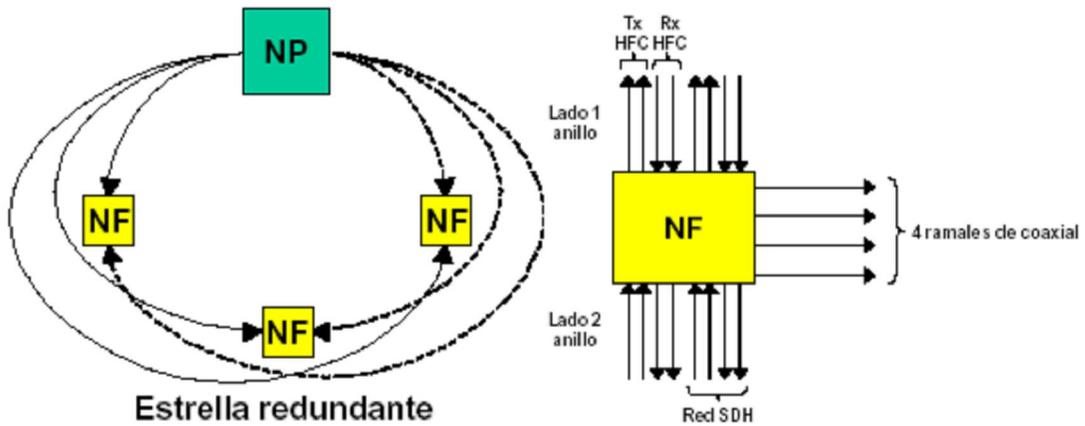
Enlace sencillo de cabeceras con nodos primarios, fuente: Redes de acceso a banda ancha en Navarra, http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/HFC/elementos%20red/elementos_red.htm.



Red troncal secundaria: red óptica que internaza los nodos primarios con los nodos finales (nodos electro-ópticos) como se presenta en la imagen a continuación

FIGURA 17

Enlace redundante de cabeceras con nodos primarios, fuente: Redes de acceso a banda ancha en Navarra, http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/Tecnologias%20de%20Acceso/HFC/elementos%20red/elementos_red.htm.



Lo que simboliza esta grafica es la dirección del diseño estrella redundante que transmite desde el nodo principal hasta los nodos finales, pero en este caso lleva en diagrama esta en forma de argolla redundante.

3.4.3 RED DE DISTRIBUCIÓN

Está compuesta por una serie de nodos secundarios que convierten las señales ópticas en señales eléctricas, distribuyendo la red hacia los hogares desde los puntos de distribución mediante la estructura tipo bus coaxial. Además adapta el transporte y multiplexa la información según las características del bucle abonado.

Se destacan tres partes fundamentales: **La Red de Distribución Coaxial** la cual tiene como función dar conectividad al punto de conexión de red PCR con el nodo final. **La Red de Acometida** integrada por el cable de distribución de los servicios, cable coaxial, llevando la red al interior del cliente, al interior del edificio. **Los Cable Módems** los cuales dan bidirección transparente a las redes HFC, permiten además la conexión mediante la interfaz Ethernet a un conector de cable coaxial tipo F, brinda además control de acceso al sistema y adaptador Terminal multimedia.

3.5 SERVICIOS SOPORTADOS

HFC se caracteriza por ofrecer y soportar todos los servicios por un único método de acceso en forma integrada. En las redes HFC se presentan servicios comunes como la TV, la telefonía y la Internet, complementado con otros interactivos que surgen gracias a la arquitectura y tecnología de este cable híbrido fibra coaxial.

3.5.1 SERVICIOS DE DISTRIBUCION DE TV,

Su función principal es difundir señales de TV. Analógica y/o digital, permitiendo la transmisión de una cantidad mayor de canales por la red, este servicio utiliza un decodificador. Esta tecnología HFC soporta el servicio PPV (Pay Per View) que pagado con una cuota previa permite realizar elección del contenido que se desea observar, y el servicio VoD.

3.5.2 SERVICIO DE TELEFONÍA O SERVICIOS DE VOZ

Este servicio puede ser incluido en este tipo de redes gracias a su característica de bidireccionalidad que brinda el canal de retorno. Las características de la telefonía requieren comunicación en tiempo real, una latencia en bajo nivel y un constante ancho de banda, durante el tiempo de transmisión.

3.5.3 LOS SERVICIOS DE INTERNET Y DATOS

Para posibilitar la transmisión de información y la recepción de la misma se implementan los módems de cables, también es necesario que la cabecera posea velocidades Mbps; brindando servicios como teleconferencia, comercio electrónico, teletrabajo, servicios Web que conllevan a la transmisión de datos, voz, videos digitalizados, imágenes.

3.5.4 SERVICIOS AVANZADOS E INTERACTIVOS

Los servicios de juegos, teletextos interactivos videojuegos interactivos, telecompras, en este tipo de red HFC “la interactividad está garantizada”³³ y de los servicios prestados dependerán los tiempos de respuestas.

En la tabla a continuación se describen los servicios prestados por las redes HFC en detalle.

³³ Ángel María Andueza Unanua, tecnología acceso basadas fibra óptica: redes HFC-Híbridadas Fibra- Coaxial. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_compl eto.pdf

TABLA 10

Servicios prestados por las redes HFC, fuente: Servicio de acceso a Internet mediante redes de cable híbrido fibra coaxial, José Jairo Jiménez, <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/2004-07-14/0026510.pdf>

SERVICIO	REQUERIMIENTO	CARACTERÍSTICA
DIFUSIÓN DE VIDEO ANALÓGICO	Canales de entre 6 y 8 Mhz.	Modulación clásica AM-VSB
DIFUSIÓN DE VIDEO DIGITAL	2 a 3 Mbps de ancho de banda – Video comprimido	Transporta gran cantidad de canales, brinda servicio pague por ver.
VIDEO BAJO DEMANDA	3 Mbps de canal descendente comprimido y algo del canal de retorno para la interactividad.	El usuario detiene y reanuda la reproducción. Seguridad en aplicaciones pague por visión.
TELEVISIÓN AVANZADA	Es necesario 10 Mbps de ancho de banda descendente	Cumple con los estándares HDTV para televisión de alta definición.
AUDIO DIGITAL	1 Mbps de ancho de banda	Mayor velocidad para

		transmisión en un canal de audio de calidad CD.
TELEFONÍA	BIDIRECCIONAL, 600Kbps	Privacidad en las comunicaciones de los diferentes usuarios.
VIDEO CONFERENCIA	100 Kbps Bidireccional	Aplicaciones en Internet de baja calidad, tasa de bit variable, se presentan retardos y privacidad en las comunicaciones.
VIDEO JUEGOS	Según la aplicación a ejecutar	Comunicación bidireccional, pequeños retardos
TELEMETRÍA	1 Kbps de trafico de ráfagas	Monitoreo de contadores, seguridad y fiabilidad de aplicaciones.

3.6 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES HFC

3.6.1 VENTAJAS TECNOLÓGICAS

- **ESCALABILIDAD ALTA** Permite redimensionar la red para aumentar el número de cliente, haciendo la escalabilidad una de sus principales características.
- **INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS** Integra el xDSL para obtener mayores alcances en la prestación de servicios, además implementa las WLAN.
- **RECURSOS EN ASIGNACIÓN DINÁMICA** Se implementa según la demanda y el número de clientes que soliciten el servicio.
- **MAS CAPACIDAD** Es poseionada como la red de acceso de mayor capacidad en la actualidad³⁴, su capacidad de retorno es de 10 Mbps, la capacidad nominal puede alcanzar 40 Mbps y 30 Mbps de capacidad efectiva.

³⁴ Ángel María Andueza Unanua, tecnología acceso basadas fibra óptica: redes HFC-Híbridas Fibra- Coaxial. http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_compl eto.pdf

- **DEMANDA LA CONSTRUCCIÓN DE RED DE FIBRA Y COAXIAL**

Sea esta red total o parcial. Brindando múltiplex opciones de servicios de alta capacidad, explotando todo tipo de transferencia en la red.

- **EXCLUSIVIDAD EN EL ANCHO DE BANDA** Ofrece la red flexibilidad e independencia por operador.

3.6.2 VENTAJAS DE SERVICIOS Y APLICACIONES DE LAS REDES HFC

- **INTEGRACIÓN DE SERVICIOS**

Al usuario final le son integrados todos los servicios en forma transparente.

- **RÁPIDO ACCESO**

La provisión del servicio es simple para la instalación de un nuevo equipo.

- **VARIEDAD DE SERVICIOS.**

- **EXCELENTE RED PARA SERVICIOS INTERACTIVOS**

Gracias a su estructura y a su amplio ancho de banda.

- **TOLERA SERVICIOS EN TIEMPO REAL**

En su capacidad resiste servicios con latencia de transmisión alta, videoconferencia, datos, telefonía, Internet, entre otros.

3.6.3 DESVENTAJAS

- La distribución del canal es compartido en la red por todos sus usuarios
- Afeción de la transmisión por ruido, retardos y/o ecos, producido por el estado activo de algunos equipos de la red coaxial, como amplificadores
- Violaciones de seguridad
- Alto costo de instalación en la red de fibra óptica y la red de cable coaxial.

3.7 APLICACIÓN DE COSTOS PARA LAS REDES HFC

Teniendo en cuenta que la utilización en las empresas de este cable es nueva se decidió hacer un estudio que mostrara que tan rentable era la implementación de este para prestar servicio de Internet. A continuación mostraremos la experiencia que vivieron algunos países al poner en práctica esta tecnología:

3.7.1 EXPERIENCIA EN PERÚ

En el caso del Perú los dueños de los postes y ductos por donde se puede transportar el cableado pertenecen a las empresas eléctricas y telefonías³⁵, permitiéndoles a estas arrendar las estructuras a las compañías que se dedican a prestar servicio de Internet y televisión por cable. Pero esta situación se ha prestado para que los dueños de estas estructuras arrienden a un costo muy elevado o se nieguen a arrendar, estos elevados costos se ven reflejado en las cuotas que tienen que cancelar el usuario final.

Para evitar estos conflictos en el año 2000 se crearon los lineamientos generales para la aplicación de las normas de libre competencia en el

³⁵ situación del mercado de televisión por cable,
http://www.osiptel.gob.pe/osipteldocs/gre/serv_empresas/files/informe%20gre%20lecciones%20relevantes%20cable1.pdf

ámbito de las telecomunicaciones, la cual se encargaba de velar para que la competencia entre estas empresas fuera correcta sin que se prestara para abusos de aquellas que tenían los derechos sobre estas infraestructuras.

3.7.2 EXPERIENCIA EN ESTADOS UNIDOS

En Estados Unidos para que no se presentara el problema que se dio en el Perú el congreso aprobó el “*Pole Attachment Act*”³⁶, el cual se encarga de repartir estos costos de una manera razonable utilizando la siguiente fórmula:

Cargo máx. * Poste = espacio ocupado / esp. Disponible * costo neto del poste * tasa de Adm. Operación y mantenimiento

Esta fórmula servía para conocer los costos que debían asumir las empresas suministradoras de televisión por cable, pero cuando estas comenzaron a brindar otros servicios las compañías dueñas de los

³⁶ situación del mercado de televisión por cable,
http://www.osiptel.gob.pe/osipteldocs/gre/serv_empresas/files/informe%20gre%20lecciones%20relevantes%20cable1.pdf

postes y conductos subieron los costos. Para enfrentar estos inconvenientes se hizo una reestructuración a la formula implementada principalmente:

Cargo máx. * Poste = ((esp. ocupado + 2/3 (porción de esp. no usado / número de entidades usuarias del poste)) / altura del poste) * costo neto del poste * tasa de Adm. Operación mantenimiento

Por supuesto esto se reflejo en los costos que cancelaban los usuarios, ya que estas empresas tuvieron un aumento en sus gastos mensuales.

3.7.3 EXPERIENCIA EN COLOMBIA

Colombia designo a La Comisión de Regulación de Energía y Gas para que se encargara de designar la forma de determinar el precio de arrendamiento, esta determino dos métodos:³⁷

- Un acuerdo libre entre las partes.
- Un precio máximo de conformidad.

³⁷ situación del mercado de televisión por cable, http://www.osiptel.gob.pe/osipteldocs/gre/serv_empresas/files/informe%20gre%20lecciones%20relevantes%20cable1.pdf

En la opción de un precio máximo de conformidad se realiza con la siguiente fórmula:

COSTOS DE INVERSIÓN POR POSTE:

Para calcular el costo de la inversión que realiza la empresa prestadora de los postes de luz en las calles de la ciudad se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{CIP } t = \text{frc} * \text{CIP } t$$

La definición de cada una de estas variables es explicada a continuación:

CIP_t: Costos de Inversión anual por poste en el año t.

Frc: Factor para calcular la anualidad.

CIP_t: Costo de Poste Instalado en año t = Costo del Poste (CPT) * 1.61.

PARA CALCULAR EL VALOR DEL COSTO DE ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:

Para el cálculo del valor del costo de administración, operación y mantenimiento se diseñó la siguiente fórmula:

$$\text{CPAOM } t = P\% * \text{CPI } t$$

Igualmente encontramos abajo la explicación de las variables utilizadas:

CPAOM t: Costo por poste de administración, operación y mantenimiento en el año t.

P% = Porcentaje de AOM reconocido por la regulación, o el porcentaje que posteriormente defina la regulación. (Actualmente es de 4%).

CPI t = Costo de poste Instalado en año t = Costo del poste * 1.61.

VALOR DE ARRENDAMIENTO

La fórmula que determina el valor de arrendamiento es la siguiente:

$$\text{Valor mensual de arrendamiento} = (\text{Vri} + \text{AOMo}) * K + \text{AOMa}$$

En donde las variables tienen el siguiente significado:

AOMo : Valor mensual por administración, operación y mantenimiento aplicado a la infraestructura en cuestión en condiciones normales de uso.

AOMa = Valor mensual por administración, operación y mantenimiento adicional causado por la introducción de otro operador en su propia infraestructura.

K = Factor de ponderación de acuerdo al número de operadores que acceden a la infraestructura. Para el caso de postes el valor máximo puede ser de 0.5.

Vri = Valor mensual de recuperación de la inversión.

VALOR MENSUAL DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Para calcular este valor utilizamos la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Vri = li * (Tdm / (1 +(1+Tdm)^n))}$$

En donde:

li : Inversión inicial por poste.

n : Número de periodos de depreciación para este tipo de infraestructura que corresponde a 240 meses.

TDK = Tasa de descuento mensual cuyo valor máximo es 1.245% en pesos reales (equivalente a 16% anual).

Como en los otros dos casos el precio que paga el usuario final se ve reflejado teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, pero vale la pena decir que como la empresa no tiene que asumir la construcción de estas infraestructuras sino su mantenimiento la inversión es menor lo que permite brindar estos servicios a un precio más accesible para el consumidor.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la investigación que se realizó se puede decir que la utilización del cable coaxial como infraestructura para envío y recepción de datos representa un gasto mayor para las empresas ya que el cobre es un material de alto costo, además la información que se envíe por este sistema puede sufrir muchas alteraciones.

En relación al cable de fibra óptica los resultados brindados por los documentos leídos mostraron que este cable es un elemento de ahorro para las empresas ya que este está diseñado por vidrio y papel elementos mucho más económicos que el cobre y en lo pertinente al envío de información se presentan menos pérdidas.

La implementación del cable híbrido trajo muchas ventajas ya que esto les permitió a las empresas comenzar a ofrecer servicios por paquetes, es decir ya no solo brindan Internet sino que se les da la oportunidad de proponer también televisión y voz, disminuyendo los costos si se implementa esta tecnología HFC.

Es muy importante concluir que cuando se utiliza una metodología investigativa apoyada con la ayuda de profesionales capaces de guiarlo a uno en este proceso el trabajo que se desarrolle va a hacer muy bueno y eso es algo que vale la pena destaca, las respectivas orientaciones de ellos han dado como fruto esta monografía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que aquellas personas que quieran utilizar esta monografía de guía es importante destacar que lo escrito en ella sirve de apoyo para conocer los avances que se han dado en los cables permitiendo una mejor velocidad en el envío y recepción de datos, igualmente en el servicio prestado.

En esta monografía logramos recopilar un número importante de información comprendida entre libros, PDF y páginas Web que reseñamos en la bibliografía esperando que aquella persona que este interesado en este tema, la pueda observar para así ampliar el tema que desee.

BIBLIOGRAFÍA

- Electrónica aplicada a los sistemas de comunicación
Frenzel Louis E
Tercera Edición
México D.F. 2003.
- Introducción a la Ingeniería de la Fibra Óptica
Rubio Martínez Baltasar
Buenos Aires – Argentina
Edición 1994.
- Hybrid fiber optic / coaxial (HFC) Network
Sanjay Ernest Tumann,
Alemania
Edición 2006.
- Universidad Tecnológica de Bolívar
Biblioteca
<http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/2004-07-14/0026510.pdf>

- Universidad de Oviedo – España
<http://www.it.uniovi.es/docencia/Telematica/fundamentostelematica/material/apuntes/tema3/tema03.htm>
- Universidad Publica de Navarra – España
http://www.unavarra.es/organiza/etsiit/cas/estudiantes/pfc/redaccna/archivos%20descarga/PFC_completo.pdf
- Digitalización
Madrid - España
http://fmc.axarnet.es/redes/tema_02.htm
- Instalación física y lógica de una red cableada e inalámbrica en un aula
<http://informatica.iescuravalera.es/iflica/gtfinal/libro/c120.html>
- Arturo Soria – Artículos interesantes y guía selecta
<http://www.arturosoria.com/fisica/art/fibra.asp>

- Osiptel, Regulador y supervisor del desarrollo de las telecomunicaciones
Lima - Perú
http://www.osiptel.gob.pe/osipteldocs/gre/serv_empresas/files/informe%20gre%20lecciones%20relevantes%20cable1.pdf
- Kioskea – Comunidad Informática
<http://es.kioskea.net/elec/connecteur-prise-bnc.php3>
- Iespana – Alujamiento de sitios.
http://carinalusso.iespana.es/cable_de_par_trenzado%20II.htm
- Textos Científicos - Recopilación de información
<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica>
<http://www.textoscientificos.com/redes/fibraoptica/tiposfibra>
- Neo - Networking and Emerging Optimization
<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/fibra.html>

- Revista Esemanal en Internet.
http://www.esemanal.com.mx/articulos.php?id_sec=18&id_art=6353
- Geocities - Yahoo
http://www.geocities.com/pagina_de_redes/i2.html