

Ecuador – Enero 2017 - ISSN: 1696-8352

## **DISEÑO DE UNA RED HÍBRIDA (FIBRA-COAXIAL) PARA OFRECER SERVICIOS DE BANDA ANCHA. CASO DE ESTUDIO CIUDAD DE QUEVEDO**

**\*Ing. Emilio Rodrigo Zhuma Mera, MSC**

Ingeniero en Sistemas Computacionales graduado en la Universidad de Guayaquil - Ecuador, Master en Conectividad y Redes de Ordenadores, grado obtenido en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Ecuador, Los Ríos, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ. Correo: [ezhuma@uteq.edu.ec](mailto:ezhuma@uteq.edu.ec)

**\*\*Ing. José Luís Tubay Vergara, MSC**

Ingeniero en Sistemas graduado en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Ecuador, Master en Conectividad y Redes de Ordenadores, grado obtenido en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Ecuador, Los Ríos, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ. Correo: [jtubay@uteq.edu.ec](mailto:jtubay@uteq.edu.ec)

**\*\*\*Arq. Glenn Walter Vinueza Mendoza, MBA**

Arquitecto graduado en la Universidad de Guayaquil - Ecuador, Master en Administración de Empresas, grado obtenido en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) Ecuador, Los Ríos, Docente de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la UTEQ. Correo: [gvinueza@uteq.edu.ec](mailto:gvinueza@uteq.edu.ec)

**\*\*\*\*Ing. Eliana Cedeño Macías**

Ingeniero en Telemática graduada en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Correo: [elianacedeno89@gmail.com](mailto:elianacedeno89@gmail.com)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Emilio Rodrigo Zhuma Mera, José Luís Tubay Vergara, Glenn Walter Vinueza Mendoza y Eliana Cedeño Macías (2017): "Diseño de una red híbrida (fibra-coaxial) para ofrecer servicios de banda ancha. Caso de estudio ciudad de Quevedo", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (enero 2017). En línea: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/fibra.html>

### **RESUMEN**

En la actualidad las redes funcionan como transporte de información, datos enviados-recibidos por distintos medios sean cableados o inalámbricos, mediante aplicación tecnológica a través de técnicas que han mejorado los procesos de comunicación; el presente proyecto orientado a diseñar una red híbrida o Fibra-Coaxial para la ciudad de Quevedo, en el que se ha empleado infraestructura de red coaxial de telefonía fija, televisión e internet, orientada a agregar o modificar servicios de telecomunicaciones, la

investigación tiene como objetivo determinar los elementos que componen la infraestructura de red, equipos, cobertura ofrecida, además de la determinación de los abonados que emplean televisión por cable en la ciudad, a partir de este análisis se procede al diseño de red híbrida, red con características y requerimientos de la tecnología necesaria y de los equipos para su funcionamiento, información referencial tanto para las resoluciones como para las leyes que avalan la ampliación o petición de los servicios requeridos por este tipo de empresas.

**Palabras claves:** Redes HFC, fibra óptica, cable coaxial.

## **CASE STUDY OF HYBRID NETWORK (FIBER-COAXIAL) TO OFFER BROADBAND INTERNET SERVICE IN THE CITY OF QUEVEDO**

### **ABSTRACT**

At present, networks function as information transport, data sent-received by different means are wired or wireless, through technological application through techniques that have improved communication processes; The present project aimed at designing a hybrid network Fibra-Coaxial, for the city of Quevedo, in which coaxial network infrastructure fixed telephony, television and internet has been used, aimed at adding or modifying telecommunications services, research Has as objective to determine the elements that make up the network infrastructure, equipment, offered coverage, in addition to the determination of the subscribers that use cable television in the city, from this analysis proceed to the design of hybrid network, network with characteristics And requirements of the necessary technology and of the equipment for its operation, referential information for both the resolutions and the laws that guarantee the extension or request of the services required by this type of companies.

**Keywords:** HFC networks, fiber optics, coaxial cable.

### **1. Introducción**

En la actualidad se hace necesario todo proceso de modernización de las telecomunicaciones, la tecnología ha dado pasos gigantescos en este sentido, la misma

tienen injerencia a niveles de desarrollo económico, social y educativo, debido a ello (pequeñas y grandes) empresas dedicadas a ofrecer servicios de televisión por cable, telefonía o internet requieren mejorar su alcance, velocidad para complacer y acaparar la mayor cantidad de suscriptores, ajustándolos a las necesidades con el objetivo de satisfacer sus demandas; esto ha permitido el empleo de tecnologías que permitan el desarrollo de las redes de telecomunicaciones basándose en el rendimiento, rentabilidad, seguridad y versatilidad con relación a la cantidad de servicios que se ofrezcan o la cantidad de usuarios que posea la empresa.

En la actualidad existen varias alternativas para la transmisión de datos e información tales como: el empleo de radioenlaces, conexiones inalámbricas y medios físicos (cable coaxial, par de cobre y fibra óptica). Si bien es cierto, muchas personas poseen en sus hogares un servicio que utilice cable coaxial o fibra óptica implica una mejora constante. Basándose en lo expuesto, el presente proyecto de investigación se fundamenta en el diseño de una red híbrida (Fibra-Coaxial) para la prestación de servicios de banda ancha en la empresa de cable TV de la ciudad de Quevedo, aprovechando su infraestructura de red de televisión, el gran ancho de banda que permite utilizar el cable coaxial y las ventajas que posee la fibra óptica en cuanto al área de cobertura para la distribución de los servicios hasta el abonado, sujetándose a lo acordado por ARCOTEL<sup>1</sup> y además en función de lo que establece el SUPERTEL<sup>2</sup>.

En paralelo la investigación apunta a resolver la siguiente problemática ¿cómo se puede aprovechar la red desplegada por la empresa de cable TV de la ciudad de Quevedo para ofrecer los servicios de redes de banda ancha?, para lo que se hace necesario plantear un objetivo en función de lograr la investigación propuesta en pro de una red Híbrida (Fibra-Coaxial) aprovechando la red CATV desplegada en la ciudad de Quevedo.

Para el empleo de tecnologías combinadas para las redes en cuanto a transmisión y recepción de datos e información puede llegar a ser una gran alianza para el cumplimiento de las exigencias y demandas de abonados, la utilización de estos recursos se ha incrementado considerablemente, de acuerdo a la ARCOTEL en el 2015 expresa que: “La contratación de servicios de banda ancha es del 35,75% en los hogares de Ecuador” [1].

Debido a que son muchos los servicios de banda ancha en el desarrollo de este documento se hace referencia a los servicios de banda ancha más solicitados por los abonados o

---

<sup>1</sup> Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones. Institución del estado que prevé el cumplimiento de las leyes de telecomunicaciones en cuanto a asignación de permisos de funcionamiento de proveedores de telecomunicaciones y radio frecuencias.

<sup>2</sup> Superintendencia de Telecomunicaciones

suscriptores es decir Televisión pagada, telefonía fija e internet. Se describirán cada uno de estos servicios, su importancia, que componentes logran su funcionalidad y la imperiosa necesidad de ser empleados para la comunicación entre distintos medios, lugares o situaciones [2].

En este sentido la fibra óptica como medio de transmisión de datos o información mediante el fenómeno conocido como refracción, comprendido por una hebra de fibra de vidrio o también silicio capaz de conducir impulsos de luz que puede llegar a recorrer 300.000 km/h por tal motivo son las más empleadas para realizar conexiones que requieren largas distancias, todos estos parámetros también se especificaran a continuación [3].

Así mismo el cable coaxial, otro medio de transmisión de datos, está compuesto por una cubierta mallada para la reducción de emisiones eléctricas que causan interferencias. Su principal componente es el cobre, quien es el que permite que conduzca la señal de video analógica de televisión es por ese motivo que es empleado para ofrecer este tipo de servicios [3].

En paralelo las redes CATV brindan el servicio de televisión pagada o por suscripción, estas se dividen en dos: las redes que poseen coaxial completamente y las redes híbridas es decir fibra y coaxial. Las que están constituidas de coaxial permiten el envío y recepción de señal de video analógica, debido a esto cuando se trata de implementar este tipo de redes se requiere el uso de amplificadores para que en la señal no haya pérdidas o algún tipo de atenuación. Todos estos detalles serán expresados en el marco teórico [3].

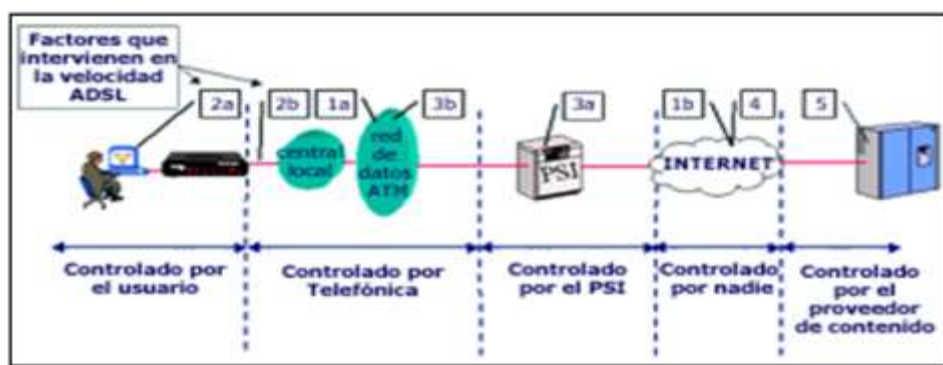
Las redes Híbridas de Fibra-Coaxial (HFC) surgen con el desarrollo de las redes de televisión por suscripción o cableadas para brindar mejores beneficios en cuanto a la prestación de la mayoría de redes de banda ancha, debido a que aprovecha la gran mayoría de ventajas que ofrece las redes cableadas de coaxial además de la fibra óptica como medio de transmisión permitiéndole que las interferencias no incidan de gran manera [3].

En concordancia con lo antes expresado estas son redes empleadas para transmitir mediante cable coaxial servicios de TV, telefonía fija o móvil e inclusive internet. Estos servicios dependen de la empresa que la provea, debido a que cada una de ellas ofrece velocidades de navegación y tarifas distintas ya sea por los canales que desean o en el caso de la telefonía fija o móvil establecen sus costos de acuerdo a la operadora con la que se quieren comunicar [4]. Las empresas dedicadas a esta actividad para ofrecer velocidades

desde los 128Kbit/s, los proveedores de estos servicios utilizan en sus conexiones diferentes medios tales como el ADSL<sup>3</sup>, cable-módem (coaxial) y fibra óptica [5].

De igual forma el ADSL comprende una línea digital de abonados asimétrica para los servicios de banda ancha con gran capacidad para la transmisión de datos a través de la red de telefonía fija. La velocidad de transmisión mínima es de 512 Kbps alcanzando una velocidad pico de hasta 4 Mbps, esta dependerá del tráfico y demás factores técnicos de la empresa proveedora. [6]

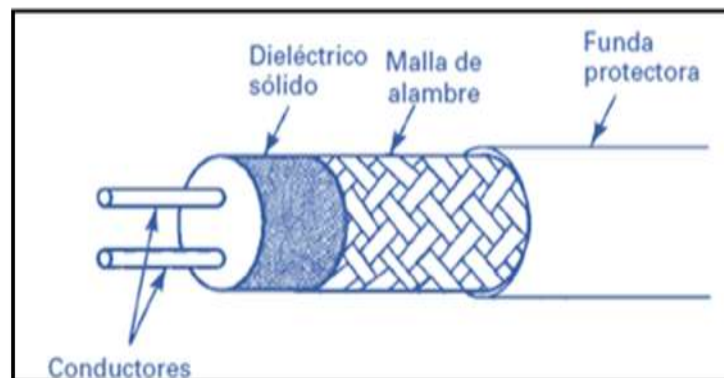
**Figura 1. Factores que intervienen en la velocidad mediante ADSL**



**FUENTE:** Carlos Fuentes (2014) ADSL. Obtenido de <http://www.zator.com/adsl>

“El cable coaxial tiene dos conductores centrales y un blindaje. Uno de los blindajes se conecta a tierra para evitar que la interferencia estática penetre a los conductores centrales” y los demás a los equipos principales o terminales del usuario [7].

**Figura 2. Partes de un cable coaxial**



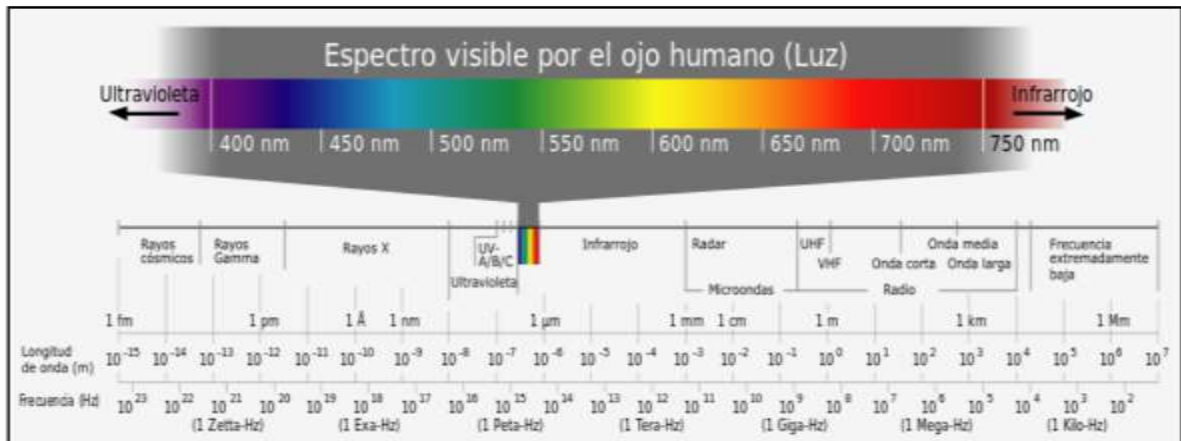
**FUENTE:** Tomasi, W. (2013) Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pág. 323

<sup>3</sup> Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL) medio utilizado para ofrecer servicios de telefonía e internet sobre el mismo sin intervenir en el funcionamiento entre ellos.

Entre las aplicaciones más comunes están: distribución de CATV, telefonía, enlaces a corta distancia y redes de área local (LAN).

La siguiente figura muestra las frecuencias en cuanto a fibra óptica con las que se pueden realizar enlaces con comunicaciones ópticas basadas en las ondas electromagnéticas.

**Figura 3. Espectro de frecuencias**



**FUENTE:** Tomasi, W. (2013) Sistemas de comunicaciones electrónicas. Pág. 426

La fibra óptica usa la luz como portador de información, debido a que están diseñadas de fibras de vidrio o de plástico para “contener” las ondas luminosas y guiarlas de manera similar a las ondas electromagnéticas. Las frecuencias luminosas están entre  $1 \times 10^{14}$  y  $4 \times 10^{14}$  Hz (100,000 a 400,000 GHz) lo que significaría un ancho de banda de entre 10,000 y 40,000 GHz [7].

Como se muestra en la figura 4, cada fibra está contenida en un tubo de protección. Dentro de este existe poliuretano un material que logra sellar y proteger a la fibra de las filtraciones de agua o cualquier sustancia líquida que pudiera presentarse en la red que se diseñe. También está el cable rígido diseñado por un material llamado kevlar que es fibroso y resistente a la tensión, es así que la fibra está rodeado de amortiguadores evitando que esté propensa alguna influencia mecánica, ruptura o mucha atenuación, posee otra capa más de poliuretano para evitar la humedad y el contacto con el núcleo de la fibra, y finalmente una capa de hilos múltiples para aumenta la resistencia de tensión seguido de una cubierta de material plástico de diferentes colores [8].

Las aplicaciones más comunes de la fibra óptica son las siguientes: comunicaciones a larga distancia y metropolitanas, acceso a zonas rurales y las conocidas redes LAN o redes de área local. Pueden ofrecer mayor cobertura hasta los 1.500 km; además de que permiten trabajar con gran capacidad (desde 20.000 a 60.000 canales de voz) [8].

Es importante mencionar que para las centrales y troncales ubicadas en zonas céntricas o metropolitanas se puede obtener una cobertura de hasta 12 km, y ofrecer 100.000 canales de voz por cada troncal. Existen estándares y tecnologías para las redes que utilizan este tipo de medio que pueden hacer que la velocidad de transmisión vaya desde 100 Mbps hasta 10 Gbps permitiendo la posibilidad de que se aumenten los servicios tales como: voz, datos, imágenes y vídeo. A continuación se presentan los métodos de propagación de la fibra óptica.

Anteriormente el usuario solo podía realizar llamadas locales, nacionales e internacionales pero con el avance de las tecnologías y equipos el cable por el que se brinda el servicio de telefonía fija permite acceder a los servicios de internet, televisión pagada y por supuesto llamada a teléfonos inalámbricos o celulares. [9]

La televisión por cable, tv pagada o por suscripción es un servicio que es ofrecido a través del envío y recepción de señales de radiofrecuencia (ondas de radio) mediante una antena de televisión, estas son recibidas mediante un televisor ya sea analógico o digital por fibra óptica o cable coaxial. [10]

El internet no es más que una gran red de servidores configurado mediante un cliente-servidor, en la que se envía un broadcast que es una solicitud o permiso que luego de concedida será interpretada por el equipo del usuario y le dará acceso al internet. Se dice que el internet es una red WAN (World Area Network) porque permite la conexión entre un host (el usuario) y la red se comuniquen entre si y compartan todo tipo de información siempre que este le conceda el acceso. [10]

**Figura 4. Cómo funciona el internet**



**FUENTE:** Molina, D. (2016) El internet. Obtenido de [www.monografias.com/trabajos7](http://www.monografias.com/trabajos7)

Las redes de televisión por cable, suscripción o CATV conocidas comúnmente con ese nombre permiten administrar la señal de televisión mediante ondas utilizando el famoso cable coaxial con una impedancia de 75 ohmios relativamente además del empleo de amplificadores cada medio o un kilómetro de distancia del nodo principal hacia los abonados. Estos amplificadores degradan la señal lo que les da el comportamiento de válvulas que no soportan señales u ondas ascendentes, siendo esta una limitante para los lugares apartados de los principales nodos [11].

Es un sistema de servicios suministrado a los abonados mediante la transmisión de señales y ondas de radiofrecuencia que se transmiten a los televisores fijos a través de fibras ópticas o cables coaxiales, compartiendo el tendido con los cables de electricidad y teléfono; por lo general las empresas que ofertan este servicio pueden otorgar al abonado desde 22 hasta 60 canales, generalmente llegando a la frecuencia número 99. [12].

Para [13] “este tipo de redes pueden ser diseñadas, elaboradas o construidas basándose en estructuras que empleen ya sea fibra óptica, cable coaxial o la combinación híbrida de estas grandes tecnologías”. Una de las más primordiales características es brindar el servicio analógico al cliente, puede también ofrecer beneficios en cuanto a transmisión de señal digital bidireccional es decir en ambos sentidos de manera asimétrica. [12].

Las redes HFC poseen sistemas híbridos combinando la fibra óptica y cable coaxial, des por ello que obtiene el nombre de HFC (Hiber Fiber Coaxial). La evolución de las redes CATV ha logrado el empleo de redes de banda con el que puede trabajar la fibra óptica gracias a su capacidad de transmisión permite hacer enlaces a grandes distancias sin necesidad de utilizar demasiados equipos amplificadores de señal y además logra que se puedan ofrecer más servicios además de la televisión por cable. [14]

Aparece como mejora a las redes con cable coaxial. Permiten resolver problemas de gestión y mantenimiento algo que no ofrecen las redes de televisión por cable. Las redes HFC están basadas en dos niveles: el principal, que es un tendido de fibra lo cual permite distribuir la señal desde el centro emisor (cabecera) hasta cada zona de la ciudad. En cada zona hay un nodo que se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica para su distribución final en cable coaxial a los abonados. [14]

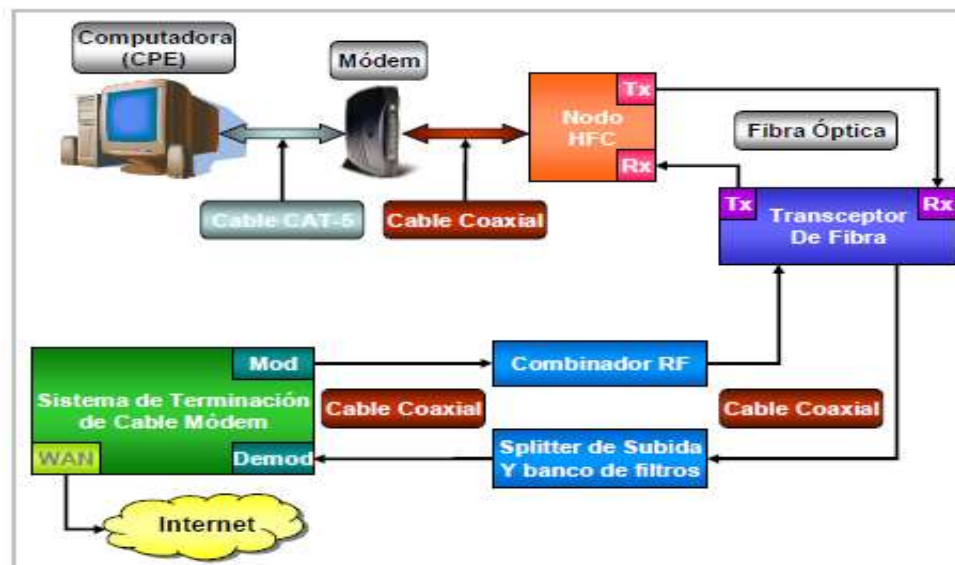
Están configuradas en forma de anillos multipunto, con diferentes jerarquías organizativas, estando formado por un anillo primario de transporte, desplegándose anillos secundarios de fibra los mismos que van dirigidos a las acometidas de la red coaxial. Esta topología es



más lógica que física, no cerrándose de manera real sino configurándose en enlaces bidireccionales que simulan los anillos. [15]

Usualmente esto es hecho con una tarjeta de interfaz de red Ethernet y un cable de categoría-5 (CAT5); sin embargo, nuevos modelo de módems proporcionan una interfaz USB en su lugar. El cable-módem mismo se conecta a un cable coaxial compartido que usualmente conecta muchos otros módems y termina en un nodo HFC. [16]

**Figura 4. Topología de una red HFC**



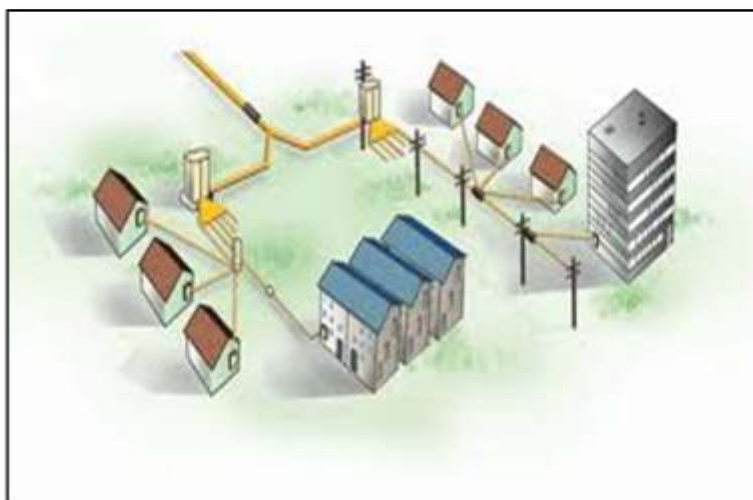
**FUENTE:** Cantos, J. (2016) Redes HFC. Obtenido de <http://redes150432.blogspot.com/>

Las redes HFC constan de: una cabecera, una red troncal por la que será transmitidos los datos e información, una red de distribución que será la encargada de llevar esa información a los usuarios y la red final para los abonados que es la que recibirán los mismos. A continuación se describe su composición [17].

<

Se encarga de llevar la señal que viene desde la cabecera a los usuarios, está compuesta por una estructura tipo bus de coaxial que lleva las señales descendentes hasta la última derivación antes de la red abonado o usuario al interior del hogar. [17]

**Figura 6. Red de distribución**



**FUENTE:** Cantos, J. (2016) Redes HFC. Obtenido de <http://redes150432.blogspot.com/>

En el reglamento se establece “*medios de comunicación social, públicos, privados, sistemas de audio/video por suscripción, telefonía e internet*” expresado en el Art. 28 numeral 8. Una vez que se realice los trámites pertinentes como indica el Art.39 numeral 1 del mismo reglamento “*la SENATEL<sup>4</sup> deberá verificar el expediente con todos los documentos técnicos y administrativos de la empresa en un plazo de un mes, en el caso de que algún requisito este incompleto, la SENATEL concederá un plazo de 10 días para su reenvío; si es que no lo hiciera, se entenderá como desistida su petición y se cancelará la tramitación*” [19].

Lo que se expresa en el art. 14 del Reglamento para otorgar concesiones en cuanto a la prestación de servicios de telecomunicaciones bajo el número de Resolución No. 483-20-CONATEL-2008, el solicitante o representante legal de la empresa prestadora de los servicios de redes de banda ancha que desea el permiso para prestar servicios de telecomunicaciones (Telefonía Fija Local, Servicios Portadores nacionales, Servicio final de telecomunicaciones por satélite, y los que determine el CONATEL) [20] deberá presentar, ante la SENATEL una solicitud conjuntamente con el Plan de Concesión con lo siguiente:

## **2. Metodología.**

---

<sup>4</sup> Secretaria Nacional de Telecomunicaciones

Investigación es de tipo *explicativa*, porque se pretende evaluar la combinación de la tecnología híbrida que utiliza fibra óptica y cable coaxial, para la transmisión de datos por la red de banda ancha, los beneficios y que tan factible sería el diseño para su implementación de acuerdo al contrato de concesión establecido por la ARCOTEL, SENATEL y CONATEL.

De igual forma la investigación es de tipo *diagnóstica* se establecerán los parámetros que deberá poseer la red híbrida (Fibra-Coaxial) además la investigación es de tipo *bibliográfica*, porque los recursos que se han empleado para el diseño como libros, tesis y proyectos.

Se utilizó los métodos de observación, analítico, deductivo y síntesis como se explica en su contexto, el analítico puesto que permitió descomponer un objeto en partes constitutivas, para el diseño de una red híbrida (Fibra-Coaxial). [21], de igual forma el deductivo en función de la recolección de datos para corroborar que la realidad de datos y elaborar en base a lo expuesto teóricamente un estudio para el diseño de una red HFC para la empresa de cable TV en la ciudad de Quevedo. [22] y por último el de síntesis que permitió concluir de como influiría el diseño en la implementación de una red HFC desplegada sobre una red CATV<sup>5</sup> para la transmisión de datos, voz e imagen logrando satisfacer las demandas de los abonados. [23]

La población de Quevedo alcanza acorde a la proyección del GAD Municipal este alcanza un total de 173,575, para la determinación de la muestra se aplica la formula siguiente.

#### **Formula:**

$$n = \frac{N * 0,25}{(e^2 * (N - 1) + 1)}$$

Donde:

N= Universo

E= Margen de error 5% = 0.05

1= Unidad de corrección

Tomando en cuenta los siguientes valores:

---

<sup>5</sup> Televisión por Cable (CATV)

$$n = \frac{2306 * 0,25}{(0.05^2 * 2306 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{576,5}{(0.0025 * 2305) + 1}$$

$$n = \frac{576,5}{(5,7625) + 1}$$

$$n = \frac{576,5}{6,7625}$$

$$n = 85 R//$$

El total de personas que serán encuestadas es 85.

### 3. Resultados.

La frecuencia de los canales de televisión abierta desde 2 al 13 son transmitidos en VHF (Very High Frequency, de 30 a 300 MHz) y los del 14 al 99 correspondientes en UHF (Ultra High Frequency, entre los 300 MHz y los 3.000 MHz). Para ver la información detallada de la grilla de canales en las que se especifica la recepción de cada satélite y la frecuencia en la que trabajan.

Además de las antenas satelitales, la empresa Cable TV cuenta con los siguientes equipos y herramientas:

Antena de aire: Poseen 2 antenas yagi para receptar las señales de televisión abierta que funciona en la banda de los 5-88 MHz, con una ganancia de entre 3 y 5 dB compatible con los dispositivos que emplean una impedancia de 75 ohmios pues también la posee.

Fuente de alimentación: Prevé de potencia a todos los equipos de la red, se alimenta de 110V y entrega 90V, lo suficiente para el funcionamiento de los dispositivos activos de toda la red. Esta fuente es de marca Prevail, posee un banco de baterías en caso de que exista alguna falla en el suministro eléctrico de algún sector en donde se encuentren los equipos.

Decodificador: Poseen más de 10 decodificadores que son otorgados a la empresa por cada canal que van a ofertar, estos funcionan en frecuencias desde los 88 MHz hasta los 624MHz. Estos decodificadores están ubicados en la cabecera de la red y están conectados a un multiswitch con 1 salida para que desde allí la señal sea multiplexada hacia la red de distribución.

Multiplexor: el equipo empleado es de marca Huang, posee cuatro canales de salida, velocidad de salida de hasta 160Mbps, comprime, codifica y multiplexa los canales recibidos para unirlos en un solo cable que lo transportara hacia la red de distribución.

Amplificadores de señal: permiten regenerar la señal que ha sufrido pérdidas debido a las distancias que recorre la misma, la empresa coloca los amplificadores cada 80 metros. Emplean amplificadores bidireccionales de marca OFTEL-OEM #SA1022 mismos que poseen una impedancia de  $75\Omega$ , factor de ruido  $\leq 10$  dB, funciona con voltaje de 35 hasta 90V, motivo por el cual también es utilizado para grandes redes analógicas o digitales.

Acopladores de línea: estos son dispositivos colocados después de la etapa amplificadora de la red, son equipos con decibeles de valores decrecientes de tal manera que queden así: 16dB, 12dB, 9dB y 7dB hasta el próximo amplificador, con el fin de garantizar la señal hasta la red del abonado. Este es un modelo SSP-3N de la marca Alcatel.

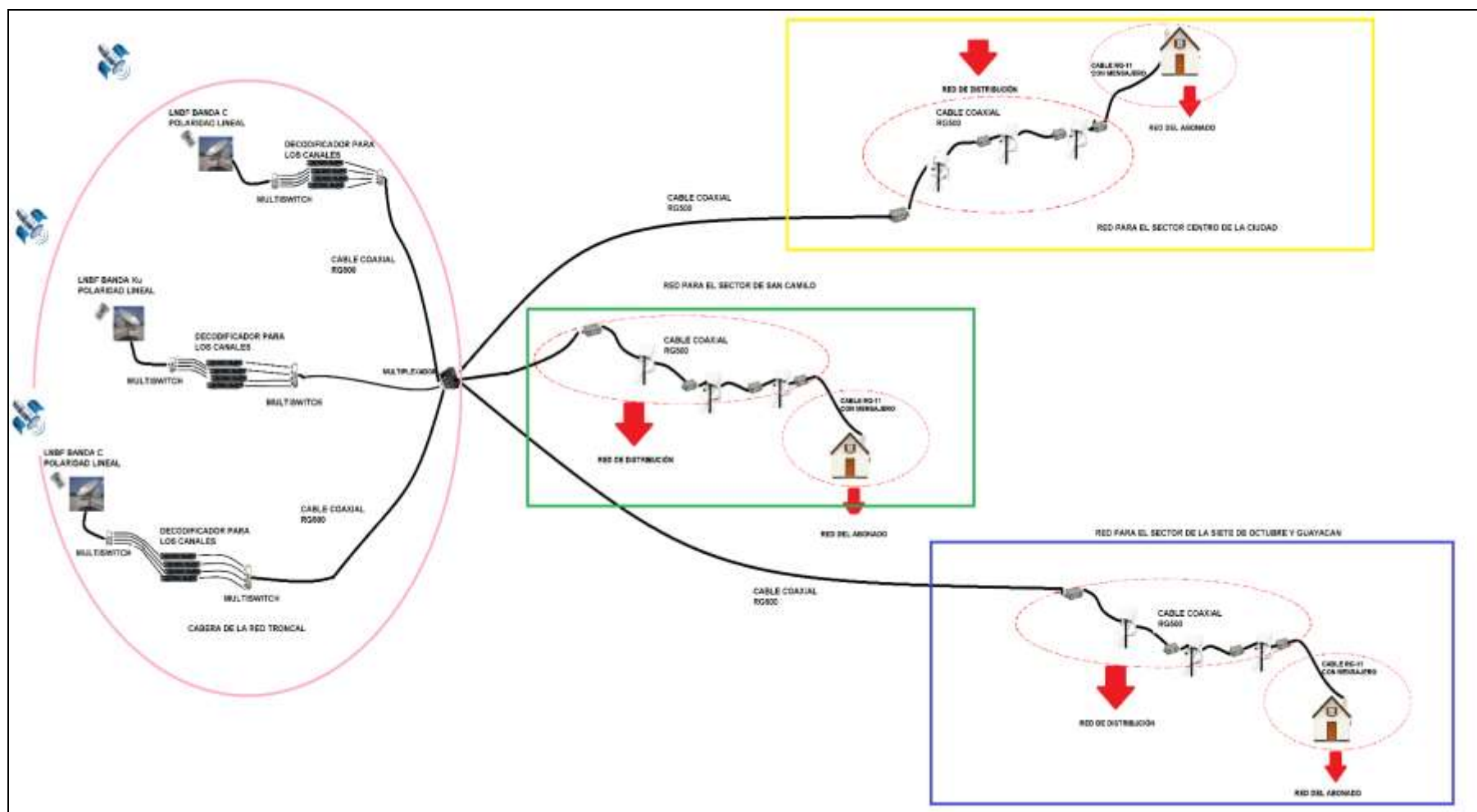
Taps: Los taps empleados son de marca Tratec SERIE-S (Scientific Atlanta) Professional tiene 8 salidas (8 usuarios), además posee paso de voltaje por todas sus entradas, compatible con los conectores F y RF para el cable del abonado.

Cable coaxial RG-500: este cable permite ser utilizado vía aérea o subterránea, en el caso de la empresa el tendido y la distribución se la realiza por los postes que suministran energía eléctrica.

Cable coaxial RG-11 (con mensajero) para el abonado: es empleado para las instalaciones y acometidas dentro del domicilio cuando el tramo es mayor a 50 metros. Poseen un cable adicional que permite que este soporte la tensión cuando es tendido en los postes.

A continuación se muestra el esquema gráfico la red que permite la obtención del servicio de televisión pagada.

**Figura 7. Esquema de la red de Televisión por cable de Cable TV de Quevedo**



**FUENTE:** Cable TV – Quevedo (2016)

**ELABORADO POR:** Autores

En este sentido se tiene, 64-QAM y 256-QAM es de la modulación estipulada para la televisión por cable, según el ANSI/SCTE<sup>6</sup> estándar 07-2000 misma que hace uso la empresa. Ahora bien, se procede a describir los equipos principales para la conexión de la red de Cable TV:

**Tabla 1. Características de las antenas**

N°	Diámetro [m]	Polarización	Ganancia [dBi <sup>7</sup> ]	Banda	Satélite	Ubicación del satélite
				Recepción [GHz]		
1	4,5	Lineal	42,9	C	INTELSAT	55.5°W
				3.7 – 4.2 GHz	805	
2	4,5	Lineal	42,9	C	INTELSAT	43.1°W
				3.7 – 4.2 GHz	11	
3	1,8	Lineal	41,5	Ku	HISPASAT	30.0°W
				11.7 – 12.2 GHz	1E	

**FUENTE:** Cable TV – Quevedo (2016)

**ELABORADO POR:** Autores

Las antenas empleadas por la empresa Cable TV son 3 debido a la cantidad de canales ofertados, cada una recepta la señal respectivamente, 2 de ellas poseen un diámetro de 4,5 metros y la otra de 2,4 metros; todas poseen polarización lineal debido a la que las antenas utilizadas son direccionales es decir que toda la potencia se concentra en una sola dirección la cual permite proveer altas ganancias como se muestran en la tabla de arriba de 42,9 dBi, y 38dBi.

Además 2 de las antenas trabajan en la banda C captando señales electromagnéticas de los enlaces microondas en el rango de los 3.7 – 4.2 GHz y una en la banda Ku empleada para las comunicaciones satelitales trabajando en el rango de 11 a los 18 GHz. Cada uno de los satélites presenta coordenadas diferentes, las mismas que deben ser configuradas por los técnicos de la empresa con el fin de que la señal sea receptada de manera correcta.

En este sentido es importante se analice la empresa de cable en Quevedo de acuerdo al permiso de ARCOTEL, en el análisis de los aspectos legales en relación a los permisos de

<sup>6</sup> The Society Cable Telecommunications Engineers. Sociedad de Ingenieros de Telecomunicaciones por Cable, estableció el estándar 07-2000 para redes de television por cable y digital para ofrecer mejor calidad a los usuarios.

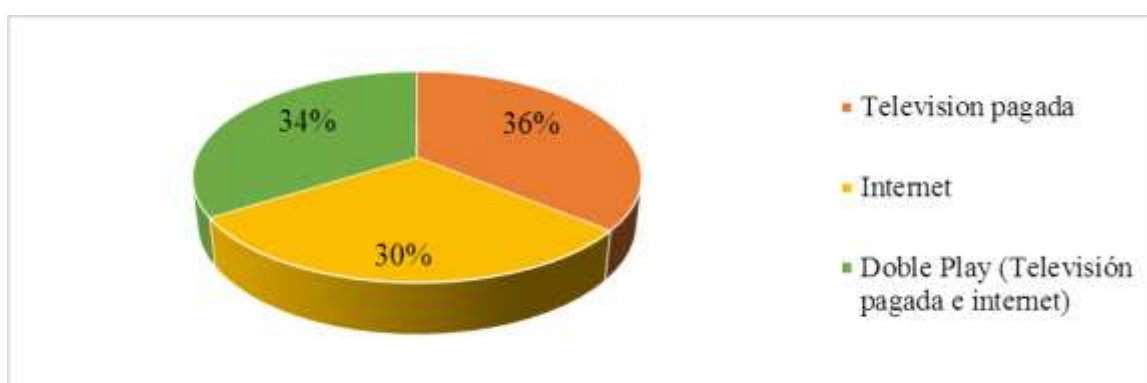
<sup>7</sup> decibelio Isotrópico, Unidad de medida de la ganancia teórica de una antena

concesión y títulos habilitantes para brindar servicios portadores y revisando la concesión de la empresa Cable TV de la ciudad de Quevedo, en el que se señala textualmente el art. 14 de la ley especial de telecomunicaciones en cuanto a la concesión que es otorgada a la empresa, le permite ofertar: *“servicios que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de signos, señales, datos, imágenes y sonidos definidos por una red”*. Además de *“instalar la infraestructura en todo el territorio nacional”* la cual debe estar registrada en la SENATEL, *“utilizar cualquier tipo de red ya sea cableada, inalámbrica o de cualquier índole”* con uso exclusivo para las telecomunicaciones *“mediante cualquier tipo de tecnología o técnica (frame relay, spread spectrum, etc.)”*.

Conociendo estos antecedentes en cuanto a los permisos que le concede a la empresa se procede a realizar una pequeña encuesta a los abonados de la misma que residen o poseen sus locales comerciales en el centro de la ciudad.

Se consultó sobre los servicios contratados de la empresa Cable TV, obteniendo los siguientes resultados

**Gráfico 1. Servicios contratados por la empresa Cable TV**



**FUENTE:** Datos obtenidos de la encuesta (2016)

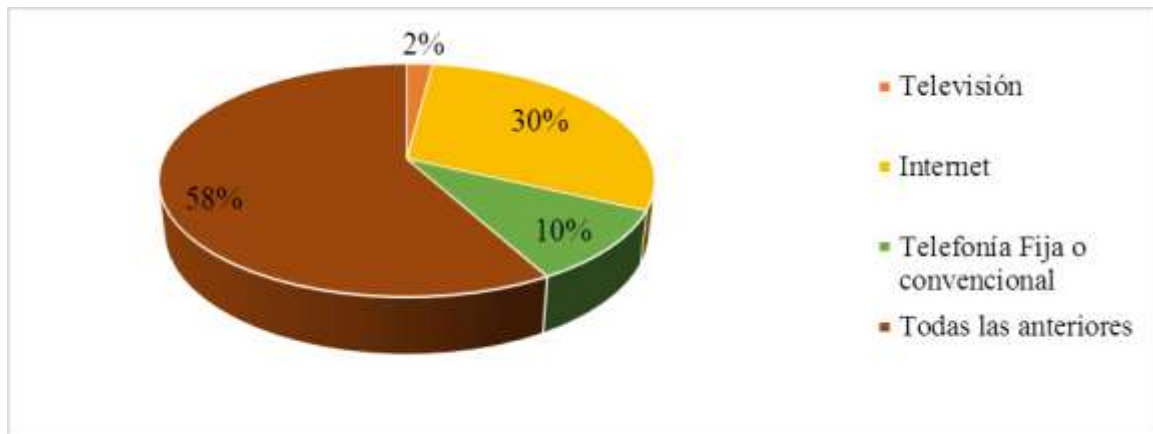
**ELABORADO POR:** Autores

El 36 por ciento de los encuestados expresa que posee el servicio de televisión pagada, el 30 por ciento y solo internet el 30 por ciento doble play; en este sentido se determina que el servicio con mayor participación es el de televisión, siendo necesario dar impulso a otros medios para que los clientes tomen el servicio de internet

Además se consultó la frecuencia con el que usan los servicios, a fin de establecer la relación acorde al uso que dan los usuarios.



**Gráfico 2. Servicios que usa frecuentemente**



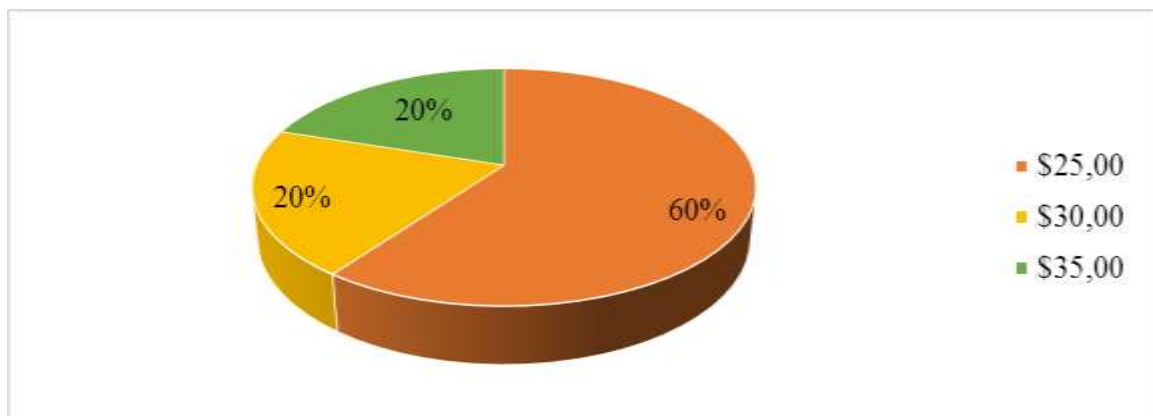
**FUENTE:** Datos obtenidos de la encuesta (2016)

**ELABORADO POR:** Autores

Para el 58 por ciento de los encuestados consideran usan todos los servicios de la empresa, mientras que para el 30 por ciento internet, 10 por ciento telefonía fija o convencional y para apenas el dos por ciento televisión, esto aparentemente se contradice con el gráfico 1, sin embargo el porcentaje se refleja en los usuarios que usan los tres servicios.

De esta manera además por observar el comportamiento del usuario y determinar si existe mercado se consulta sobre los valores que esté dispuesto a pagar por el servicio de banda ancha de forma mensual.

**Gráfico 3. Valor que pagaría por los servicios**



**FUENTE:** Datos obtenidos de la encuesta (2016)

**ELABORADO POR:** Autores

De acuerdo al resultado obtenido se observa que para el 60 por ciento de estos consideran que el valor que está dispuestos a cancelar es de 25 dólares, para el 20 por ciento entre 30 y 35 dólares, para recibir este tipo de servicio de banda ancha.

En este sentido y considerando que existe mercado para banda ancha por cuanto los usuarios están dispuestos a que se mejore el servicio recibido, se debe analizar la modulación empleada para la red.

Debido a que se cuenta con dos tipos de frecuencias que influyen en el ancho de banda de la red se necesitan dos modulaciones distintas, una para upstream porque al ser esta quien maneja la información hacia los equipos necesita más robustez a diferencia de la downstream que solo crea la comunicación con los usuarios.

Se emplea la modulación 64 QAM en upstream y en downstream 256 QAM, y en caso de que se necesite mayor capacidad solo se deberán aumentar los canales.

La tasa de transmisión fue definida por canal en 42.88 Mbps para downstream y de 30.72 Mbps para upstream. Estos valores son definidos por la versión del protocolo DOCSIS, el ancho de banda del canal el cual es de 6 MHz y el tipo de modulación a emplear.

De la misma forma es necesario conocer los parámetros de calidad, es necesario mencionar una de las características que influye en el desempeño de la red HFC. DOCSIS (Data Over Cable Services Interface Specifications) 3.0 es una norma internacional que exige ciertos parámetros para los servicios de datos sobre la red y la comunicación entre su cabecera y el usuario final haciendo relación con el uso del Cable Módem (para el cliente) y CMTS (para la cabecera) que asegura la conectividad con un alto rendimiento tanto para el internet como para la telefonía al determinar que el valor mínimo de S/N debe ser de 25dBmV.

Este protocolo encripta los datos en formato AES (Advanced Encryption Standard) a través de la red de acceso exclusivamente para la transmisión debido a que la información se desencripta al llegar al Cable módem o al CMTS tanto de upstream como de downstream. Es así que este permite incrementar los servicios en caso de requerirlo, los más conocidos son (contenido multimedia en HD, VoCable “Voz sobre cable”, IPTV (Televisión IP), entre otros), con la posibilidad de emplear IPV6<sup>8</sup>.

Después de lo descrito anteriormente, se establece que los parámetros de calidad a tomarse en consideración son los obtenidos en la red de distribución porque en ella se encuentran la mayoría de los equipos que generan inconvenientes a la hora de transmitir las señales y al utilizar el medio de transmisión coaxial es propenso a que existan. Dado que no se conoce exactamente la cantidad de usuarios de la empresa que puede haber en el área de cobertura

---

<sup>8</sup> Internet Protocol Version 6, Protocolo de internet versión 6, permite la asignación de direcciones ip en cantidades mucho más grandes que 256bits

de un nodo, se presentan valores tomados con ejemplos con las respectivas ecuaciones. A continuación se muestran las siglas de los términos a emplearse:

$P_t$  = Potencia de entrada en el receptor óptico (dBm).

$P_m$  = Margen de potencia (atenuación permisible en dB)

$P_u$  = Potencia del umbral

$a_L$  = coeficiente de atenuación en dB/Km

$n_e$  = número de empalmes

$a_e$  = atenuación por empalme

$n_c$  = número de conectores

$a_c$  = atenuación por conector

$a_r$  = reserva de atenuación en dB/Km

$L$  = Largo del enlace entre emisor y receptor en km.

$D_c$  = Coeficiente de dispersión (nmKm)

$W$  = Ancho de banda espectral

En este sentido los parámetros más considerados en este enlace se tiene por un lado el margen de enlace de la fibra, considerando la atenuación por kilómetro de fibra hacia el transmisor/receptor óptico, en la que se emplea tres longitudes debido a los nodos de la red y sus datos son.

Pérdida por enlace: 0,35dB

Perdida por empalme: 0,02 dB

Pérdida por conector: 0,25dB

$L_1$ : 1,5Km

$L_2$ : 2 Kms

$L_3$ : 3 Kms

Potencia de transmisión: 13,8dB

Para esto se procede de la siguiente manera, primero se debe calcular el margen de potencia para conocer el margen total del enlace, de la siguiente manera:

$$P_m = P_t - P_u \quad (1)$$

$$P_m = 13,8 \text{ dBm} - 10 \text{ dB}$$

$$P_m = 3,8 \text{ dBm R//}$$

Ahora se procede a conocer la ecuación para conocer la atenuación por la longitud de fibra utilizada.

$$a_t = La_L + n_s a_s + n_c a_c \quad (2)$$

$$a_{t1} = La_{L1} + n_s a_s + n_c a_c$$

$$a_{t1} = (0,35dB * 1,5km) + (2 * 0,02dB) + (2 * 0,25dB)$$

$$a_{t1} = (0,525dB/km) + (0,04dB) + (0,50 dB)$$

$$a_{t1} = 0,815 \frac{dB}{km} R//$$

Ahora se procede a calcular la atenuación máxima adicional que estaría permitida en el caso de que se presenten futuros enlaces de esta red.

$$M_s = P_m - a_t \quad (3)$$

$$M_s = 3,8 dB - 0,815 dB$$

$$Me = 2,98 dB R//$$

Para las distancias de los demás nodos es el mismo procedimiento.

$$a_{t2} = La_{L2} + n_s a_s + n_c a_c$$

$$a_{t2} = (0,35dB * 2km) + (2 * 0,02dB) + (2 * 0,25dB)$$

$$a_{t2} = (0,7dB/km) + (0,04dB) + (0,50 dB)$$

$$a_{t2} = 0,99 \frac{dB}{km} R//$$

$$M_s = P_m - a_t$$

$$M_s = 3,8 dB - 0,99 dB$$

$$Me = 2,81 dB R//$$

$$a_{t3} = La_{L3} + n_s a_s + n_c a_c$$

$$a_{t3} = (0,35dB * 3km) + (2 * 0,02dB) + (2 * 0,25dB)$$

$$a_{t3} = (1,05dB/km) + (0,04dB) + (0,50 dB)$$

$$a_{t3} = 1,59 \frac{dB}{km} R//$$

$$M_s = P_m - a_t$$

$$M_s = 3,8 dB - 1,59 dB$$

$$Me = 2,21 dB R//$$

La dispersión cromática es una deformación a lo largo del enlace de fibra óptica debido al ancho del espectro de esa misma señal. La ecuación para este cálculo es la siguiente:

$$E_c = D_c WL \quad (4)$$

Datos:

$$D_c = 1 \text{ ps}$$

$$W = 4 \text{ nm}$$

$$L_1 = 1,5 \text{ km}$$

$$L_2 = 2 \text{ km}$$

$$L_3 = 3 \text{ km}$$

Cálculo:

$$E_c = 1 \frac{\text{ps}}{\text{nmkm}} * 4 \text{ nm} * 1,5 \text{ km}$$

$$E_c = 6 \text{ ps R//}$$

$$E_c = 1 \frac{\text{ps}}{\text{nmkm}} * 4 \text{ nm} * 2 \text{ km}$$

$$E_c = 8 \text{ ps R//}$$

$$E_c = 1 \frac{\text{ps}}{\text{nmkm}} * 4 \text{ nm} * 3 \text{ km}$$

$$E_c = 12 \text{ ps R//}$$

El nivel de dispersión cromática que puede llegar a tener un enlace es de 20ps, concluyendo que este, presenta valores aceptables.

#### ❖ Enlace de la red de distribución.

##### • Niveles de entrada y salida del amplificador.

Siendo necesario para la red de distribución considerar los niveles de entrada y salida del amplificador, es así que la red tiene una frecuencia de trabajo asignada hasta 1 GHz, en este caso al ser todos los amplificadores del mismo modelo y de la misma capacidad, estos poseen los mismos valores. En cuanto al nivel de entrada de los amplificadores

corresponde a: 14.5dB y el nivel de salida: 46dBm, datos obtenidos del fabricante, en tal sentido se describe la siguiente simbología: En este sentido las distorsiones (CNR, CTB, CSO y XMOD), para este tipo de cálculos son relacionados a la señal de televisión que recibirá el abonado. Para esta sección se

**CNR** = Relación Portadora a Ruido

**CNRS** = Relación Portadora a Ruido Resultante

**CTB** = Triple Batido Compuesto

**CTBref** = Triple Batido Compuesto de referencia

**CSO** = Batido de Segundo Orden

**CSOref** = Batido de Segundo Orden de referencia

**CSOS** = Batido de Segundo Orden Resultante

**XM** = Modulación cruzada

**XMref** = Modulación cruzada de referencia

**XMS** = Modulación cruzada Resultante

**NF** = Figura de ruido (fabricante)

**Nr** = Nivel de referencia del amplificador

**N** = número de amplificadores

**Nsa** = Nivel de salida del amplificador

En esta ocasión se procede a calcular el CNR que es más que la cercanía del ruido en la señal que se desea transmitir, de manera que interfiere en una porción del espectro. En la siguiente ecuación.

$$CNR = Nsa - (-59,2 + Nf + G) \quad (5)$$

Datos:

Nsa= 4 dB

Nf=7dB

G= 40dB

-59,2 constante.

$$CNR = Nsa - (-59,2 + Nf + G)$$

$$CNR = 4dB - (-59,2 + 7dB + 40dB)$$

$$CNR = 4dB - (-12dB)$$

$$CNR = 16dB \text{ R//}$$

En la siguiente ecuación se muestra el valor cuando el enlace muestra amplificadores en cascada:

$$CNRS = CNR - 10 \log_{10} N \quad (6)$$

$$CNRS = 16 - 10 \log_{10} 3$$

$$CNRS = 11,22 \text{ dB R//}$$

Se toma como referencia 3 amplificadores para realizar el cálculo de un tramo que va hacia el abonado.

A continuación se procede a calcular el CSO el cual es la distorsión por la mezcla no deseada de la portadora con otras señales, es decir que esta combinación se puede dar en el medio de transmisión y al ser amplificadas, estas se combinan generando otras portadoras o interferencias. Este tipo de distorsión es conocido como las líneas diagonales que aparecen en la señal de tv.

Datos:

CSOref = 40 dB

Nsa= 4 dB

Nf=14dB

$$CSO = CSO_{ref} - (N_{sa} - N_r) \quad (7)$$

$$CSO = 40 \text{ dB} - (4 \text{ dB} - 14 \text{ dB})$$

$$CSO = 40 \text{ dB} - 10 \text{ dB}$$

$$CSO = 30 \text{ dB R//}$$

Con amplificadores:

$$CSOS = CSO - 15 \log_{10} N \quad (8)$$

$$CSOS = 30 \text{ dB} - 15 \log_{10} 3$$

$$CSOS = 22,84 \text{ dB R//}$$

El CTB también es un tipo de distorsión que se presenta en la señal de televisión en forma de líneas horizontales con un período irregular.

Datos:

CTBref = 41dB

Nsa= 4dB

Nf=14dB

$$CTB = CTB_{ref} - 2(N_{sa} - N_r) \quad (9)$$

$$CTB = 41dB - 2(4dB - 14dB)$$

$$CTB = 41dB - 2(10dB)$$

$$CTB = 41dB - 20dB$$

$$CTB = 21dB \text{ R//}$$

Con amplificadores:

$$CTB_{TOTAL} = CTB - 20\log_{10} N \quad (10)$$

$$CTB_{TOTAL} = 21dB - 20\log_{10} 3$$

$$CTB_{TOTAL} = 11,45 \text{ dB R//}$$

Y finalmente el XMOD que es la modulación cruzada que se presenta en estos enlaces, también parecido al CSO y CTB, esta distorsión se origina por el empleo de grandes cascadas de amplificadores.

Datos:

XMref = 50 dB

Nsa= 4 dB

Nf=14dB

$$XM = XM_{ref} - 2(N_{sa} - N_r) \quad (11)$$

$$XM = 50dB - 2(4dB - 14dB)$$

$$XM = 50dB - 2(10dB)$$

$$XM = 50dB - 20dB$$

$$XM = 30dB \text{ R//}$$

Con amplificadores:

$$XMS = XM - 20\log_{10} N \quad (12)$$

$$XMS = 30dB - 20\log_{10} 3$$

$$XMS = 20,46dB \text{ R//}$$



Las normas establecidas por la UIT-T determina que el CNR, CTB, CSO, XMOD no debe ser menor de 4dB para los canales de TV y 43dB para cualquier otro tipo de señal.

#### **4. Discusión.**

De acuerdo a todo lo investigado a las redes de banda ancha, resulta un gran beneficio dado que la red de Cable TV actualmente es unidireccional (sólo para transmitir señal de televisión), y el haber diseñado una red híbrida (Fibra-Coaxial) permite que esta sea bidireccional, logrando la obtención de voz, datos y televisión con el objetivo de ofertarle al abonado un mejor servicio permitiéndole a futuro estar entre las empresas más conocidas y mostrar buena competitividad.

A diferencia de las demás trabajos que han sido diseñados anteriormente las cuales se han enfocado a ofrecer solo dos servicios: televisión e internet, la red que se describe en este trabajo investigativo, permite ofertar los servicios más utilizados por los abonados con la ventaja que utilizan el protocolo DOCSIS en su última versión la 3.0 que le permite al cliente el aprovechamiento del ancho de banda y brindar capacidad de contenido.

#### **5. Conclusiones.**

- Se analizaron las diferentes topologías que se aplican en el diseño de redes que utilicen fibra y cable coaxial, determinando utilizar la red estrella convergente porque presenta ventajas en cuanto a la escalabilidad y crecimiento de los equipos que se puedan agregar en un futuro, además de que su diseño permite que en cuanto a mantenimiento sea menos complicado.
- Para que no se generen pérdidas por reflexión en la señal y esta disminuya considerablemente, se determinaron los mejores equipos que presentan una impedancia de 75 ohmios para toda la red y demás características tomando en cuenta la distancia entre los nodos, la capacidad del canal, la frecuencia de trabajo, la cantidad de abonados y el protocolo DOCSIS 3.0 que se tomó en consideración para este diseño.

- Se establecieron los puntos estratégicos en cuanto a los parametros de ubicación de los nodos, la cobertura que tendrían cada uno, los equipos que se utilizarían, el ancho de banda que permiten los enlaces upstream y downstream para cada canal utilizado, además de los cálculos que se obtuvieron permitieron conocer que valores generaría la red en cuanto a la transmisión y recepción de los datos para los abonados y sobre todo se consideró esa ubicación de los nodos en los sectores detallados en el capítulo IV porque se pueden desde allí se logra conectar una mayor cantidad de usuarios y a menores distancias.

## Bibliografía

- [1] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, «iPuntoTV,» JP Partners, Guayaquil, 2015.
- [2] J. Cantos, «Redes Blogspot,» 28 marzo 2012. [En línea]. Available: <http://redes150432.blogspot.com/>. [Último acceso: 15 febrero 2016].
- [3] B. A. Hallberg, Fundamento de Redes, Cuarta ed., México: Mc Graw Hill, 2012.
- [4] J. M. Montaña N. y C. H. Moreno P., «Diseño de redes de television por cable (CATV),» Manizales, Universidad de Manizales, 2013, pp. 25-90.
- [5] M. Villacrés B., «Diseño de una red de telecomunicaciones HFC multiservicios para la empresa GREEN TV en la ciudad de Esmeraldas,» Sangolquí, ESPOL , 2011, pp. 59-80.
- [6] Telefónica S.A, «Zator,» 09 junio 2014. [En línea]. Available: [http://www.zator.com/Internet/N\\_21.htm](http://www.zator.com/Internet/N_21.htm). [Último acceso: 10 febrero 2016].
- [7] W. Tomasi, Sistemas de Comunicaciones electrónicas, Cuarta ed., México: Prentice-Hall, 2013.
- [8] W. Stallings, Comunicaciones y Redes de computadores, Séptima ed., España: Pearson. Prentice-Hall, 2014.
- [9] Venn Global, S.A. de C.V, «Tu decide,» 24 Agosto 2009. [En línea]. Available: <http://www.tudecide.com/informacion/ques-es-la-telefonía-fija/>. [Último acceso: 10 Febrero 2016].
- [10] E. y. T. Ministerio de Industria, «Gobierno de España,» 10 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.televisiondigital.gob.es/TelevisionDigital/formas-acceso/Paginas/tv-cable.aspx>. [Último acceso: 10 Febrero 2016].
- [11] C. Minaya, «Blogspot de Tecnología, Información y Ciencia,» 04 octubre 2014. [En línea]. Available: <http://tecnología-informacion-ciencia.blogspot.com/p/que-es-catv-o-television-por-cable.html>. [Último acceso: 15 febrero 2016].
- [12] F. Salazar, «Ecured,» 14 febrero 2016. [En línea]. Available: [http://www.ecured.cu/Televisi%C3%B3n\\_por\\_cable](http://www.ecured.cu/Televisi%C3%B3n_por_cable). [Último acceso: 15 febrero 2016].

2016].

- [13] O. Zyman. [En línea]. Available: [www.oscarszymanczyk.com.ar/documentos/ANEXO%2011.pdf](http://www.oscarszymanczyk.com.ar/documentos/ANEXO%2011.pdf). [Último acceso: 15 febrero 2016].
- [14] J. Ávila L., “Extensión de la plataforma de red de fibra óptica para la incorporación de telefonía fija y televisión por suscripción de la empresa Multitel”, Perú: Universidad de Los Andes, 2011.
- [15] Telecorc, «Telecorc,» 04 octubre 2015. [En línea]. Available: <http://telecorc.blogspot.com/2010/05/estandares-en-hfc.html>. [Último acceso: 15 febrero 2016].
- [16] N. C. Martinez, «Diseño e implementación de redes de acceso al servicio de Televisión, Telefonía fija e internet para ESMERALDAS TV mediante Power Line Communication (PLC),» Esmeraldas, ESPN, 2013, p. 23.
- [17] ARCOTEL, «Resolución ARCOTEL- 2015-0524,» ARCOTEL, Guayaquil, 2014.
- [18] CONATEL, «Ley Especial de Telecomunicaciones Reformadas,» CONATEL, Quito, 2014.
- [19] SENATEL, «Reglamento para la Adjudicación de Títulos Habilitantes de Medios de Comunicación Social, Públicos, Privados, Comunitarios y Sistemas de Audio y Video por Suscripción,» ARCOTEL, Quito, 2013.
- [20] Systel Ecuador, «Systel Ecuador, Sistema de Aprovisionamiento, CMTS, Manejador de Banda, Cable modems, Convergencia, Redes HFC, estudios técnicos, televisión por cable Ecuador, audio y video por suscripción, estudios financieros,» 23 junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.systel.net.ec/index.php/requisitos-legales/20-requisitos-para-la-concesion-de-servicios-portadores-de-telecomunicaciones>. [Último acceso: 13 febrero 2016].
- [21] M. Tamayo, El proceso de la investigación científica, México: Limusa, 2009.
- [22] R. Lam, «Metodología para la confección de un proyecto de investigación,» 18 08 2005. [En línea]. Available: [http://bvs.sld.cu/revistas/hih/vol121\\_2\\_05/hih07205.pdf](http://bvs.sld.cu/revistas/hih/vol121_2_05/hih07205.pdf).
- [23] R. Hernández, C. Fernández y B. Baptista, Metodología de la Investigación, México: McGraw-Hill, 2010.