



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE LOJA**



*Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables*

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES

**“Estudio técnico para la migración de la red de CATV (coaxial) a una red híbrida HFC para aplicaciones triple play para la empresa SUPERCABLEFILS en la ciudad de Macará”**

**TESIS PREVIA A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES”**

**Autora:**

Cintya Elizabeth Quezada Solano

**Director:**

Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc.

**Loja-Ecuador**

**2016**

# CERTIFICACIÓN

Ing.

Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg.Sc.

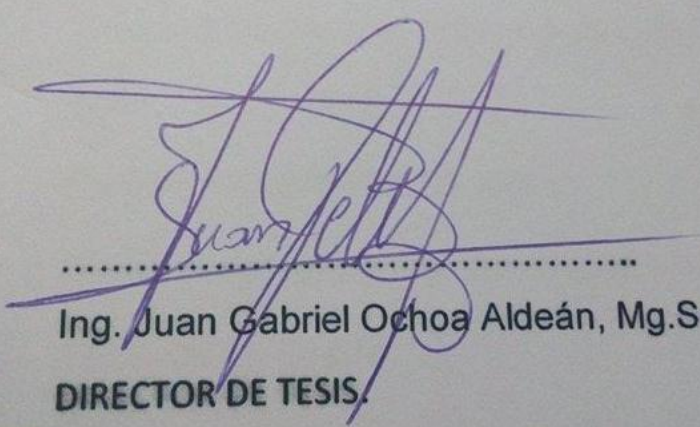
**DIRECTOR DE TESIS.**

CERTIFICA:

Haber dirigido, revisado y corregido en todas sus partes el presente proyecto fin de carrera titulado **“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED DE CATV (COAXIAL) A UNA RED HÍBRIDA HFC PARA APLICACIONES TRIPLE PLAY PARA LA EMPRESA SUPERCABLEFILS EN LA CIUDAD DE MACARÁ”** con autoría de la egresada **Cintya Elizabeth Quezada Solano**.

En razón de que la misma reúne a satisfacción los requisitos de fondo y forma, exigidos para la investigación de este nivel, autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal designado para el efecto.

Loja, 1 de febrero de 2016



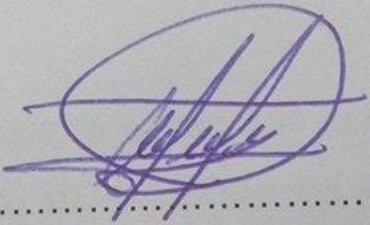
Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg.Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS.**

## AUTORÍA

Yo **CINTYA ELIZABETH QUEZADA SOLANO**, declaro ser autora del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional - Biblioteca Virtual.

**Firma:** .....



**Cédula:** 1900553817.

**Fecha:** 1 de febrero de 2016

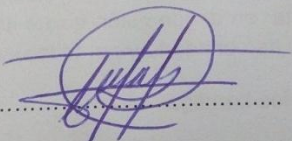
## **CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA, PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo **CINTYA ELIZABTEH QUEZADA SOLANO**, declaro ser autora de la tesis titulada: **“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED DE CATV (COAXIAL) A UNA RED HÍBRIDA HFC PARA APLICACIONES TRIPLE PLAY PARA LA EMPRESA SUPERCABLEFILS EN LA CIUDAD DE MACARÁ”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la Ciudad de Loja, a un día del mes de febrero de dos mil dieciséis.

Firma: 

**Autor:** Cintya Elizabeth Quezada Solano.

**Cédula:** 1900553817.

**Dirección:** Loja (Avenida Benigno Valdiviezo y Agustín Aguirre)

**Correo Electrónico:** cintya.quezada@hotmail.com

**Teléfono:** 2110850

**Celular:** 0979234727.

### **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director de Tesis:** Ing. Juan Gabriel Ochoa Aldeán, Mg. Sc

**Tribunal de Grado:** Ing. Juan Manuel Galindo Vera, Mg. Sc

Ing. Benjamín Andrés Pusay Villarroel, Mg. Sc

3Ing. Ximena Carolina Acaro Chacón, Mg. Sc

## **DEDICATORIA**

Mi Tesis la dedico con todo mi amor a mi precioso hijo Luis Alejandro, quien es el motor de mi vida, a mi esposo Luis, mi compañero fiel y a mi familia mis padres que son los pilares de mi vida y mi hermana mi amiga incondicional.

**Cintya E. Quezada S.**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer al pilar fundamental de mi vida, Dios por bendecirme con salud y hacer realidad este sueño de culminar mis estudios universitarios.

A mi director de tesis, Ing. Juan Ochoa, por brindarme su ayuda en todo momento y darme la oportunidad de recurrir a sus capacidades y experiencia en un ambiente de confianza, afecto, paciencia, motivación y amistad, esenciales para llevar a término este trabajo.

A mis padres Tula y Rubén, por brindarme la oportunidad de seguir una carrera universitaria, por apoyarme en todo momento y por darme aliento en los momentos más difíciles en los que quise desistir.

A mi princesa, mi hermana Karen por su aliento en cada momento de mi vida, por su apoyo y amor incondicional.

Por último y no menos importante quiero agradecer con todo mi corazón a mi amado esposo Luis, por su paciencia, amor y apoyo en todo momento sin ti este sueño no tendría el mismo sentido.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida universitaria a las que me encantaría agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>CERTIFICACIÓN</i> .....	<i>ii</i>
<i>AUTORÍA</i> .....	<i>iii</i>
<i>CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DE LA AUTORA</i> .....	<i>iv</i>
<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>v</i>
<i>AGRADECIMIENTO</i> .....	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE CONTENIDOS</i> .....	<i>vii</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	<i>xii</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	<i>xvi</i>
<b>1. TÍTULO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
2.1 ABSTRACT.....	3
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
Objetivos.....	5
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
4.1. Introducción a la televisión en el Ecuador.....	6
4.2. Servicios de televisión en el Ecuador .....	6
4.2.1. Televisión abierta VHF y UHF .....	7
4.2.2. Sistema de audio y video por suscripción .....	8
4.2.2.1. Televisión codificada satelital .....	8
4.2.2.2. Televisión codificada terrestre.....	9
4.2.2.3. Televisión por cable físico .....	10
4.2.2.4. Parámetros Técnicos de calidad:.....	10

4.3.	Sistemas de Audio y Video por suscripción en el Ecuador.....	11
4.3.1.	Situación actual .....	16
4.3.2.	Penetración del servicio de audio y video por suscripción .....	20
4.3.3.	Estado Actual en la Provincia de Loja.....	24
4.4.	Levantamiento de información de la red actual .....	26
4.4.1.	Empresa de tv por cable “SUPERCABLEFILS” .....	26
4.4.2.	Componentes del sistema de Tv por cable. ....	26
4.4.3.	Infraestructura Actual de la red de tv cable SUPERCABLEFILS.....	26
4.4.3.1.	Estación Terrena.....	26
4.4.3.2.	Cabecera de la red.....	28
4.4.3.3.	Características y configuración de la red de cable coaxial.....	41
4.5.	Servicios de acceso a internet de banda ancha .....	48
4.5.1.	Generalidades de Banda Ancha. ....	48
4.5.2.	Definiciones de Banda Ancha.....	49
4.5.2.1.	Definiciones propuesta por entidades Internaciones.....	49
4.5.2.2.	Definición de banda Ancha en el Ecuador .....	50
4.5.2.3.	Banda Ancha Fija:.....	51
4.5.3.	Redes de acceso de banda ancha.....	52
4.5.4.	Evolución de las redes de CATV. ....	55
4.5.4.1.	Red de cable .....	58
4.5.4.2.	Fibra Óptica .....	58
4.5.4.3.	Tipos de Fibra .....	61
4.5.4.4.	Cable Coaxial .....	62
4.5.4.5.	La señal CATV. ....	63
4.6.	Redes HFC (Hybrid Fiber Coaxial).....	64



4.6.1.	Características generales de las redes HFC .....	65
4.6.2.	Topología de una red de cable .....	66
4.6.2.1.	Red troncal primaria.....	66
4.6.2.2.	Red secundaria o de distribución .....	67
4.6.2.3.	Red terciaria o de dispersión.....	67
4.6.2.4.	Red de distribución de coaxial .....	68
4.6.2.5.	Red de acometida de abonado .....	69
4.6.3.	Puntos singulares de la red .....	69
4.6.3.1.	Cabecera.....	69
4.6.4.	Cable Modem .....	74
4.6.4.1.	Estructura del Cable Modem .....	74
4.6.5.	Estándares de la tecnología HFC .....	76
4.6.5.1.	DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).....	77
4.6.5.2.	DVB-RCC (Return Channel Cable).....	80
4.6.5.3.	EuroDOCSIS. ....	80
4.6.5.4.	OpenCable .....	81
<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS. ....</b>	<b>82</b>
5.1.	Diseño de la Red Híbrida Fibra Óptica - cable coaxial HFC.....	82
5.1.1.	Problema a solventar .....	82
5.2.	Usuarios Potenciales .....	82
5.3.	Zona Geográfica. ....	83
5.4.	Red Eléctrica del sector.....	83
5.5.	Servicios a brindar .....	85
5.5.1.	Distribución de TV Digital.....	85
5.5.2.	Distribución de Televisión de alta definición .....	86

5.5.3.	Distribución de los servicios de Internet.....	86
5.5.4.	El servicio de telefonía IP o servicios de voz .....	87
5.6.	Perspectiva general.....	88
5.6.1.	Aspectos Importantes .....	88
5.6.1.1.	Espectro y Canalización.....	88
5.6.1.2.	Bidireccionalidad de la Red .....	90
5.7.	Diseño de la cabecera o Head-End.....	91
5.7.1.	Recepción satelital. ....	91
5.7.2.	Procesamiento de señales.....	100
5.7.2.1.	Televisión: .....	100
5.7.2.2.	Datos y Telefonía IP:.....	105
5.7.3.	Ancho de Banda de SUPERCABLEFILS .....	106
5.7.4.	Equipamiento necesario para cabecera.....	117
5.7.4.1.	CMTS (Sistema de Terminación de Cabledemods) .....	121
5.8.	Diseño de Planta externa .....	128
5.8.1.	Consideraciones sobre la cantidad de Fibras.....	130
5.8.2.	Ampliación de las redes HFC. ....	130
5.8.3.	Red Troncal de fibra óptica. ....	132
5.8.3.1.	Diseño de un enlace óptico .....	133
5.8.3.2.	Requerimientos técnicos.....	135
5.8.4.	Red de distribución coaxial .....	140
5.8.4.1.	Equipamiento de la red de distribución.....	142
5.8.5.	Red de acometida coaxial .....	148
5.9.	Consideraciones genéricas del diseño de red HFC.....	149
5.9.1.	Requerimiento de los planos .....	149

5.9.2.	Arquitectura de la red .....	150
5.9.3.	Diseño de la red hfc.....	151
5.9.4.	Cálculos del Diseño HFC. ....	153
5.9.4.1.	Presupuesto Óptico.....	153
5.9.4.2.	Análisis de OSNR. ....	154
5.9.4.3.	Diseño de la red de Distribución. ....	156
5.9.4.4.	Planos de red hfc propuesto. ....	159
5.10.	Aspectos Varios .....	160
5.10.1.	Análisis de Factibilidad .....	160
5.10.2.	Aspecto Económico - Financiero .....	168
5.10.3.	Aspectos Regulatorios – Marco Jurídico .....	174
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS. ....</b>	<b>176</b>
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>177</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>178</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>180</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>182</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>192</b>
	Anexo 1. Red Actual de “SUPERCABLEFILS” .....	192
	Anexo 2. Diseño de la red HFC .....	193
	Anexo 3. Simbología de red HFC .....	194
	Anexo 4. Encuesta.....	195

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura. 1.</b> <i>Categorización del servicio de televisión en el Ecuador</i> .....	7
<b>Figura. 2.</b> <i>Esquema de un sistema DTH</i> .....	8
<b>Figura. 3.</b> <i>Sistema de televisión codificada terrestre</i> .....	9
<b>Figura. 4.</b> <i>Arquitectura básica de un sistema de televisión por cable</i> .....	10
<b>Figura. 5.</b> <i>Variación del número de estaciones de audio y video por suscripción</i> .....	14
<b>Figura. 6.</b> <i>Estaciones de radio, televisión abierta y por suscripción</i> .....	15
<b>Figura. 7.</b> <i>Crecimiento de la televisión por cable</i> .....	16
<b>Figura. 8.</b> <i>Número total de sistemas autorizados</i> .....	17
<b>Figura. 9.</b> <i>Estaciones de televisión por provincia</i> .....	18
<b>Figura. 10.</b> <i>Porcentaje de Participación por modalidad de acceso</i> .....	19
<b>Figura. 11.</b> <i>Evolución de la penetración del SAVS hasta el 4T 2014</i> .....	21
<b>Figura. 12.</b> <i>Tendencia de suscriptores por modalidad de acceso</i> .....	22
<b>Figura. 13.</b> <i>Porcentaje de participación de usuarios por provincia. Dic-2014</i> .....	23
<b>Figura. 14.</b> <i>Porcentaje de participación al cuarto trimestre del 2014</i> .....	23
<b>Figura. 15.</b> <i>Porcentaje de participación por empresa al cuarto trimestre del 2014</i> .....	24
<b>Figura. 16.</b> <i>Ubicación de la empresa SUPERCABLEFILS</i> .....	27
<b>Figura. 17.</b> <i>Estación Terrena “SUPERCABLEFILS”</i> .....	27
<b>Figura. 18.</b> <i>Elementos básicos de la cabecera o HeadEnd</i> .....	28
<b>Figura. 19.</b> <i>Cabecera “SUPERCABLEFILS”</i> .....	29
<b>Figura. 20.</b> <i>Esquema de la cabecera actual de SUPERCABLEFILS</i> .....	31
<b>Figura. 21.</b> <i>Antenas Parabólicas “SUPERCABLEFILS”</i> .....	33
<b>Figura. 22.</b> <i>Canales locales de “SUPERCABLEFILS”</i> .....	35
<b>Figura. 23.</b> <i>Demodulador PFAD-900css</i> .....	35
<b>Figura. 24.</b> <i>Procesador SP860 806MHz</i> .....	36

<b>Figura. 25.</b> Receptor Pansat 300A – 300M. ....	38
<b>Figura. 26.</b> Receptor PowerVu D9223. ....	38
<b>Figura. 27.</b> PCM55SAW-Canal Modulador Fijo de Audio Video Con Filtro Saw. ....	40
<b>Figura. 28.</b> Combinador de 12 Canales PHC12G 1 Ghz de banda ancha pasiva .....	41
<b>Figura. 29.</b> Esquema de distribución actual. ....	42
<b>Figura. 30.</b> Cable coaxial RG11 con mensajero. ....	42
<b>Figura. 31.</b> Fuente de poder ALPHA. ....	43
<b>Figura. 32.</b> Line Extender III Type 3 750 MHz. ....	44
<b>Figura. 33.</b> Tap IKUSI utilizado en la red de distribución. ....	45
<b>Figura. 34.</b> Cable de acometida coaxial RG-6. ....	47
<b>Figura. 35.</b> Conector Tipo F .....	47
<b>Figura. 36.</b> Splitter genérico de 2 salidas .....	47
<b>Figura. 37.</b> Red Nacional Troncal de Fibra Óptica.....	52
<b>Figura. 38.</b> Límites de los medios de transmisión. ....	53
<b>Figura. 39.</b> Red Clásica de TV por Cable.....	55
<b>Figura. 40.</b> Esquema de Red HFC. ....	56
<b>Figura. 41.</b> Red híbrida fibra-coaxial (HFC). ....	56
<b>Figura. 42.</b> Cable de Fibra Óptica. ....	59
<b>Figura. 43.</b> Transmisión en Fibra monomodo. ....	61
<b>Figura. 44.</b> Transmisión en Fibra multimodo. ....	61
<b>Figura. 45.</b> Estructura de un Cable Coaxial. ....	62
<b>Figura. 46.</b> Espectro de frecuencias para TV de broadcast. ....	63
<b>Figura. 47.</b> Espectro de un canal de CATV.....	63
<b>Figura. 48.</b> Topología de una red de cable.....	66
<b>Figura. 49.</b> a) Distribución física en anillo b) Arquitectura lógica en estrella.....	66

<b>Figura. 50.</b> Sistema de transmisión óptica de la cabecera.....	73
<b>Figura. 51.</b> Sistema de recepción óptica de la cabecera.....	73
<b>Figura. 52.</b> Estructura del Cable modem.....	74
<b>Figura. 53.</b> Espectro y ancho de banda de un canal de televisión (video y audio).....	76
<b>Figura. 54.</b> Arquitectura abierta de DOCSIS 2.0.....	78
<b>Figura. 55.</b> Correspondencia de DOCSIS con el Modelo OSI.....	79
<b>Figura. 56.</b> Estándares de Transmisión definidos por DOCSIS.....	79
<b>Figura. 57.</b> Distribución de Frecuencias DOCSIS.....	79
<b>Figura. 58.</b> Distribución de Frecuencias DVB-RCC.....	80
<b>Figura. 59.</b> Distribución de frecuencias euro DOCSIS.....	81
<b>Figura. 60.</b> Zona geográfica del cantón Macará.....	83
<b>Figura. 61.</b> Cobertura de energía eléctrica en la ciudad de Macará.....	84
<b>Figura. 62.</b> Televisión Digital vs Televisión Analógica.....	85
<b>Figura. 63.</b> Televisión de alta definición.....	86
<b>Figura. 64.</b> Servicios de Internet.....	87
<b>Figura. 65.</b> Servicio de telefonía IP.....	87
<b>Figura. 66.</b> Espectro y canalización de redes HFC.....	89
<b>Figura. 67.</b> Espectro de redes HFC actuales.....	89
<b>Figura. 68.</b> Red bidireccional.....	91
<b>Figura. 69.</b> Recepción Satelital detallada.....	99
<b>Figura. 70.</b> Procesamiento de señales para Tv Digital.....	104
<b>Figura. 71.</b> Acceso a Internet y Telefonía.....	105
<b>Figura. 72.</b> Planes de Internet de CNT.....	109
<b>Figura. 73.</b> Especificaciones de Softswitch Denwa E-SBC.....	112
<b>Figura. 74.</b> Plan de Frecuencias propuesto.....	116

<b>Figura. 75.</b> Cable de cabecera F.59 .....	117
<b>Figura. 76.</b> Conector tipo F para cable 59. ....	117
<b>Figura. 77.</b> Spliter de Alta frecuencia HFS-4/2150. ....	118
<b>Figura. 78.</b> Receptor satelital Cisco D9865. ....	119
<b>Figura. 79.</b> CMTS Cisco modelo uBR10012. ....	121
<b>Figura. 80.</b> Componentes y conexiones en Cisco uBR10012. ....	122
<b>Figura. 81.</b> Propuesta de Diseño de la Cabecera de Supercablefils .....	126
<b>Figura. 82.</b> Proceso de automatización en estándar DOCSIS.....	127
<b>Figura. 83.</b> Esquema básico de arquitectura tipo Árbol y Rama.....	128
<b>Figura. 84.</b> Migración a red HFC. ....	129
<b>Figura. 85.</b> Estrella de fibras - Módulo Decreciente. ....	131
<b>Figura. 86.</b> Anillos de fibra - Modulo Constante.....	131
<b>Figura. 87.</b> Distribución de nodos finales de red HFC.....	132
<b>Figura. 88.</b> Cable Fibra Óptica Sección Transversal. ....	139
<b>Figura. 89.</b> Arquitectura HFC.....	150
<b>Figura. 90.</b> Puntos de posibles fallas en el diseño convencional HFC. ....	151
<b>Figura. 91.</b> Puntos de posibles fallas en el diseño blaster. ....	151
<b>Figura. 92.</b> Segmentación en Áreas de servicio .....	152
<b>Figura. 93.</b> Diseño Blaster .....	152
<b>Figura. 94.</b> Acometida del Usuario.....	157
<b>Figura. 95.</b> Diseño de Forward. ....	159
<b>Figura. 96.</b> Diseño de retorno. ....	159

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Parámetros Técnicos a ser medidos en la cabecera o Head-End</i> .....	11
<i>Tabla 2. Parámetros Técnicos a ser medidos en la red de abonado</i> .....	11
<i>Tabla 3. Comportamiento de las estaciones de televisión</i> .....	14
<i>Tabla 4. Variación del número de estaciones de televisión</i> .....	14
<i>Tabla 5. Número total de sistemas autorizados a nivel nacional</i> .....	16
<i>Tabla 6. Estaciones de televisión por provincia</i> .....	17
<i>Tabla 7. Número de suscriptores del SAVS por modalidad de acceso</i> .....	19
<i>Tabla 8. Densidad del SAVS en el ámbito nacional.</i> .....	20
<i>Tabla 9. Evolución de la densidad del servicio de audio y video por suscripción.</i> .....	20
<i>Tabla 10. Datos de suscriptores de Tv pagada por permisionario en la provincia de Loja.</i> .....	25
<i>Tabla 11. Equipos Utilizados en la cabecera de SUPERCABLEFILS</i> .....	30
<i>Tabla 12. Bandas de recepción satelital</i> .....	32
<i>Tabla 13. Especificaciones de la antena seccional SI-10</i> .....	32
<i>Tabla 14. Satelites Intelsat ocupados por SUPERCABLEFILS</i> .....	34
<i>Tabla 15. Especificaciones técnicas del demodulador PFAD-900</i> .....	36
<i>Tabla 16. Especificaciones técnicas del procesador SP860.</i> .....	37
<i>Tabla 17. Especificaciones del receptor Pansat 300A – 300M.</i> .....	39
<i>Tabla 18. Especificaciones del receptor PowerVu D9223</i> .....	39
<i>Tabla 19. Especificaciones técnicas del modulador PCM55SAW.</i> .....	40
<i>Tabla 20. Especificaciones técnicas del combinador PCH12G</i> .....	41
<i>Tabla 21. Características Commscope RG-11</i> .....	43
<i>Tabla 22. Características de la Fuente de poder ALPHA</i> .....	43
<i>Tabla 23. Características del Amplificador Line extender III tipo3</i> .....	45
<i>Tabla 24. Valores de atenuación 2, 4 y 8 salidas del TAP</i> .....	46



<i>Tabla 25. Elementos de la red de CATV Actual.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 26. Características Eléctricas del cable de acometida coaxial RG-6.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 27. Comparación entre diferentes Tecnologías .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 28. Características Generales de una red HFC.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 29. Versiones DOCSIS.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 30. Canales descendentes en DOCSIS y EuroDOCSIS.....</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 31. Grilla de programación propuesta para “SUPERCABLEFILS” .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 32. Satélites Utilizados .....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 33. Comparación de velocidades de transmisión para esquemas de muestreo y tipo de resoluciones.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 34. Tasa de Bit de codes de VOIP .....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 35. Especificaciones de CODES. ....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 36. Especificaciones técnicas cable coaxial F.59 .....</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 37. Especificaciones técnicas de Spliter de alta frecuencia. ....</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 38. Especificaciones del receptor satelital Cisco D9865 .....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 39. Receptores Satelitales de canales HD.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 40. Especificaciones de hardware del router universal de banda ancha. ....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 41. Características de fibra óptica aérea tipo ADSS G.652D. ....</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 42. Características de los materiales de cable ADSS-24B1.3.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabla 43. Especificaciones de la interfaz de RF de DOCSIS.....</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 44. Atenuación de cable coaxial 500 en relación a la frecuencia .....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 45. Atenuación de cable coaxial RG-6 en relación a la frecuencia .....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla 46. Atenuación de cable coaxial RG-11 en relación a la frecuencia .....</i>	<i>146</i>

# GLOSARIO.

## A

**Ancho de banda.** - Se refiere a las frecuencias que puede ocupar un canal de comunicaciones en un espectro de frecuencias. Un mayor ancho de banda indica la capacidad de transmitir más datos en un determinado período.

**ARCOTEL.** – Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

**Asignación de espectro.** - Asignación de porciones del espectro electromagnético disponible para servicios específicos como AM, FM o comunicaciones personales.

**Atenuación.** - La diferencia entre la energía transmitida y la recibida como consecuencia de pérdidas a través de equipos, líneas de transmisión, etc. habitualmente se expresa en decibeles.

**ADSL.** - Asymmetric Digital Subscriber Line

**ASI.** - Asynchronous Serial Interface o Interfaz Serial Asíncrona

## B

**Banda ancha.** - Tecnología de red de gran ancho de banda que multiplica varias portadoras independientes para que transporten voz, vídeo, datos y otros servicios interactivos a través de un solo cable.

**Bidireccional.** - Sistema de cable que puede transmitir señales en ambas direcciones, desde y hacia la cabecera y el suscriptor.

**bps.** - bits por segundo

## C

**CableLabs.** - Consorcio de investigación que define los requisitos de interfaz para los cable módems y certifica que los equipos probados cumplan con la norma DOCSIS.

**CMTS.** - Un sistema de terminación de cable módem (*Cable Modem Termination System*) es un dispositivo de la cabecera del sistema de cable que conecta la red HFC con redes IP locales o remotas a host IP, cable módem o gateway de conexión y suscriptores. Administra todo el ancho de banda del cable módem. En ocasiones se lo denomina enrutador de borde.

## D

**dB.** - decibel

**dBm.** - Unidad de medida que indica un milivatio a través de una impedancia determinada.  $0 \text{ dBm} = 1 \text{ milivatio a través de } 75 \text{ ohmios.}$

**dBmV.** - Nivel de señal, expresado en dB, que indica la relación entre la potencia de señal en un sistema de 75 ohmios y la potencia de referencia cuando 1 mV atraviesa 75 ohmios.

**Demodulación.** - Operación para restaurar una onda modulada anteriormente y separar las señales múltiples que estaban combinadas y moduladas en una subportadora.

**Descendente (“downstream”).** - En una red de datos por cable, es la dirección de los datos recibidos por la computadora desde Internet.

**DHCP.** - Servidor de Protocolo de configuración dinámica de host (Dynamic Host Configuration Protocol) asigna, en forma dinámica, direcciones IP a un host cliente en una red IP. El DHCP elimina la necesidad de asignar, en forma manual, direcciones IP estáticas mediante el “alquiler” de una dirección IP y una máscara de subred a cada cliente. Permite la reutilización automática de direcciones IP no utilizadas.

**Dirección IP.** - Valor único de 32 bits que identifica cada host en una red TCP/IP. Las redes TCP/IP enrutan los mensajes en base a la dirección IP de destino.

**Dirección MAC.**- La dirección de Control de acceso a medios (Media Access Control) es un valor de 48 bits guardado permanentemente en la ROM en fábrica para identificar cada dispositivo de red Ethernet. Se expresa como secuencia de 12 dígitos hexadecimales. También se la denomina dirección Ethernet, dirección física, dirección de hardware o dirección NIC.

**Divisor.** - Dispositivo que divide la señal de un cable de entrada en dos o más cables.

**DNS.** - El Sistema de nombres de dominio (Domain Name System) es el sistema de Internet para convertir nombres de dominio en direcciones IP. Un servidor DNS contiene una tabla que hace coincidir los nombres de dominio como Internetname.com con direcciones IP como 192.169.9.1. Cuando se accede a la World Wide Web, un servidor DNS traduce el URL que se muestra en el navegador en la dirección IP del sitio Web de destino. La tabla de búsqueda del DNS es una base de datos de Internet distribuida; no hay un solo servidor DNS que contenga todos los nombres de dominio que se corresponden con las direcciones IP.

**DOCSIS.** - La Especificación de interfaz de servicios de datos por cable (Data-Over-Cable Service Interface Specification) de CableLabs define las normas sobre interfaz para cable módem, gateway y equipos de soporte a fin de que entreguen datos entre una red HFC y sistemas de computación o aparatos de televisión. Para enfatizar su uso como norma para cable módems, las especificaciones DOCSIS ahora reciben el nombre de Cable módems CableLabs Certified (cable módems certificados por CableLabs).

**DVR.** - Servicio de Grabaciones de video digital

## **E**

**Espectro.** - Rango de frecuencias especificado utilizado para la transmisión de señales electromagnéticas.

**Euro-DOCSIS.** - Una norma de ComLabs que es una adaptación de la norma DOCSIS para uso en Europa.

## **F**

**FDMA.** - El Acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access) es un método que permite a múltiples usuarios compartir un espectro de radio específico. A cada usuario activo se le asigna un canal (o portadora) de RF individual y la frecuencia portadora de cada canal se desfasa de sus canales adyacentes por una cantidad igual a la separación entre canales, lo que permite obtener el ancho de banda requerido por canal.

**Firewall.** - Sistema de software de seguridad que aplica una política de control de acceso entre Internet y la LAN

**Frecuencia.** - Cantidad de veces que una señal electromagnética repite un ciclo idéntico en una unidad de tiempo, por lo general, un segundo, medido en Hz, kHz, MHz o GHz.

**FTP.** - El Protocolo de transferencia de archivos (File Transfer Protocol) es un protocolo estándar de Internet para intercambiar archivos entre computadoras. El FTP se utiliza comúnmente para descargar programas y otros archivos en una computadora desde páginas Web en servidores de Internet.

## G

**Ganancia.** - Es la medida en que se amplifica una señal. Una antena de ganancia alta aumenta el nivel de la señal inalámbrica para aumentar la distancia que la señal puede recorrer, y al mismo tiempo seguir siendo utilizable.

**Gateway.** - Dispositivo que permite la comunicación entre redes utilizando distintos protocolos. Ver también enrutador.

**GHz.** - Gigahertzio — Mil millones de ciclos por segundo.

## H

**HFC.** -Una red híbrida de cable de fibra/coaxial usa cables de fibra óptica como parte troncal y cable coaxial para las instalaciones del suscriptor.

**Host.** - En IP, un host es cualquier computadora que soporta aplicaciones o servicios para usuarios finales con acceso bidireccional a la red. Cada host tiene un número de host exclusivo que, combinado con el número de red, forma su dirección IP.

**HTML.** - Lenguaje de marcado de hipertexto (Hyper Text Markup Language).

**Hz.** - Hertzio — Un ciclo por segundo. Unidad para medir la frecuencia del ciclo de una señal electromagnética alterna a través de sus estados más altos y más bajos. Se utiliza para definir las bandas del espectro electromagnético usadas en las comunicaciones de voz y datos, o para definir el ancho de banda de un medio de transmisión.

**HDSL.** - High bit rate Digital Subscriber Line

## I

**ICMP.** - Protocolo de control de mensajes de Internet (Internet Control Message Protocol) es un protocolo que se utiliza para los mensajes de error, problemas y mensajes informativos enviados entre host IP y gateway. Los mensajes ICMP son procesados por el software IP y, por lo general, no suelen ser visibles para los usuarios finales.

**IEEE.** - El Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (<http://www.ieee.org>) es una organización que elabora normas, publicaciones técnicas y organiza simposios para las industrias eléctrica y electrónica, y está acreditada por el ANSI.

**Impedancia.** - Oposición total al flujo de corriente de electrones de CA dentro de un dispositivo. La impedancia típica de un cable coaxial y otros componentes de CATV es de 75 ohmios.

**Internet.** - Colección mundial de redes interconectadas que utilizan el TCP/IP.

**IP.** - Protocolo de Internet (Internet Protocol) es un conjunto de normas que permiten a distintos tipos de computadoras comunicarse con otras e intercambiar datos a través de Internet. El IP brinda un aparente sistema único de comunicaciones sin interrupciones y convierte a Internet en una red virtual.

**ISP.** - Proveedor de servicio de Internet (Internet Service Provider)

## **K**

**kHz.** - kilohertzio — Mil ciclos por segundo

## **L**

**LAN.** - Red de área local (Local Area Network) proporciona una conexión permanente de gran ancho de banda en un área limitada. Ethernet es la norma de LAN más ampliamente utilizada.

**LED.** - Diodo emisor de luz (Light-Emitting Diode).

## **M**

**Mbps.** -Millones de bits por segundo (megabits por segundo). Velocidad de transferencia de datos.

**MHz.** - Megahertzio — Un millón de ciclos por segundo. Medida de radiofrecuencia

## **N**

**NAT.** - (Network address Translation) permite a un único dispositivo, como un Router, actuar como un agente entre Internet (red pública) y una red local (red privada).

**NEC.** - Código eléctrico nacional de los EE.UU. (National Electrical Code) — Reglamentaciones para la construcción e instalación de cableado y aparatos eléctricos adecuadas para la aplicación obligatoria por parte de una gran cantidad de autoridades estatales y locales.

**Nodo.** - En una LAN, es un término genérico para referirse a cualquier dispositivo de red. En una red HFC, es la interfaz entre los alimentadores de cable troncal y coaxial a las ubicaciones de los suscriptores. Habitualmente, un nodo se encuentra ubicado en la zona del suscriptor.

## O

**Ohmio.** - Unidad de resistencia eléctrica.

**OSNR.** - Optical Signal to Noise Ratio

## P

**PacketCable.** - Proyecto conducido por CableLabs para definir una plataforma común para entregar servicios multimedia avanzados en tiempo real a través de una planta de cables bidireccionales de HFC. Construidas en base a DOCSIS 1.1, las redes PacketCable usan tecnología IP como base para una arquitectura multimedia de alta capacidad.

**PCM.** - Pulse Code Modulation

## Q

**QAM.** - La Modulación de amplitud en cuadratura, usa la modulación de fase y amplitud para codificar múltiples bits de datos en un solo elemento de señalización.

**QoS.** - La Calidad del servicio (Quality of Service) describe la prioridad, la demora, el rendimiento y el ancho de banda de una conexión.

**QPSK.** - La Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (Quadrature Phase Shift Key) envía dos bits de información por período de símbolo con un símbolo 90 grados desfasado respecto de otros símbolos. Los cuatro puntos de la constelación representados por las coordenadas (0,0 — 0,1 — 1,0 — 1,1) representan las cuatro posibles combinaciones.

## R

**Red.** - Dos o más computadoras conectadas para comunicarse entre ellas. Tradicionalmente, las redes se conectaban mediante algún tipo de cableado.

**RF.** - Radiofrecuencia— Señales usadas por el transmisor y el receptor del CMTS para enviar datos a través del HFC. La portadora se modula para codificar el flujo de datos digitales para la transmisión a través de la red de cable.

**RDSI.** - Red Digital de Servicios Integrados

## S

**Servidor.** - En una arquitectura cliente/servidor, es un computador dedicado que proporciona archivos y servicios como transferencia de archivos, inicio de sesión remoto o impresión a los clientes.

**SID.** - Una ID de servicio es un identificador exclusivo de 14 bits que el CMTS asigna a un cable módem que identifica el tipo de tráfico que transporta (datos o voz). La SID proporciona la base para que el CMTS asigne un ancho de banda al cable módem e implemente la QoS.

**SMTP.** - Protocolo simple de transferencia de correo (Simple Mail Transfer Protocol) es un protocolo de Internet estándar para transferencia de correo electrónico.

**Splitter.** - Es un dispositivo pasivo el cual acepta una señal de entrada y entrega múltiples señales de salida con características de amplitud y fase específica

**Suscriptor.** - Usuario en el hogar u oficina que tiene acceso a televisión, datos u otros servicios de un proveedor de cable.

**Switch.** - En una red Ethernet, filtra tramas basándose en la dirección MAC, en forma similar a un puente. Un switch es más avanzado porque puede conectar más de dos segmentos de red.

**SUPERTEL.** - Superintendencia de Telecomunicaciones.

## T

**Tasa de bits.** - Cantidad de bits (0 y 1 digital) transmitida por segundo en un canal de comunicaciones. Por lo general, se mide en bits por segundo (bps).

**TCP.** - Protocolo de control de transmisión (Transmission Control Protocol) en la capa de transporte cuatro de la OSI que proporciona un transporte confiable a través de la red para datos transmitidos usando un IP (capa de red tres). Es un protocolo de extremo a extremo que define las reglas y los procedimientos para el intercambio de datos entre los hosts por sobre el IP sin conexión. El TCP usa un temporizador para realizar el seguimiento de paquetes en circulación, verifica errores en paquetes entrantes y retransmite paquetes, si se solicita.

**TCP/IP.** - El conjunto de Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) establece normas y reglas para la



comunicación de datos entre redes en Internet. Es la norma mundial sobre interredes y el protocolo básico de comunicaciones de Internet.

**TFTP.** - El Protocolo trivial de transferencia de archivos (Trivial File Transfer Protocol) es un protocolo muy sencillo usado para transferir archivos.

**Trama.** - Unidad de datos transmitidos entre los nodos de una red que contienen datos de control de direccionamiento y protocolo. Algunas tramas de control no contienen ningún dato.

**Troncal.** - Ruta electrónica a través de la cual se transmiten los datos.

**TTL.** - El tiempo de vida (Time To Live) es la cantidad de enrutadores (o saltos) por los que puede pasar un paquete antes de ser descartado. Cuando un enrutador procesa un paquete, el TTL disminuye en 1. Cuando el TTL llega a cero, el paquete es descartado.

## **U**

**UDP.** - Protocolo de datagramas de usuario (User Datagram Protocol)

**UTP.** - Cable de par trenzado sin blindaje (Unshielded Twisted Pair)

**UIT.** - Unión Internacional de TeleComunicaciones

## **V**

**VLAN.** - Red virtual de área local (Virtual Local Area Network) es un grupo de dispositivos en distintos segmentos de la LAN configurados, en forma lógica, para comunicarse como si estuvieran conectados al mismo cable.

**VoIP.** - Voz sobre protocolo de Internet (Voice over Internet Protocol) es un método para intercambiar información por voz, fax o de otro tipo a través de Internet. El VoIP permite que las llamadas viajen como paquetes de información discretos en líneas compartidas. El VoIP es una parte importante de la convergencia de las computadoras, los teléfonos y la televisión en una sola red de información integrada.

## **W**

**WAN.** - Una red de área extendida (Wide-Area Network) proporciona una conexión en una amplia área

**WLAN.** - LAN inalámbrica

# 1. TÍTULO

**“ESTUDIO TÉCNICO PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED DE CATV (COAXIAL) A UNA RED HÍBRIDA HFC PARA APLICACIONES TRIPLE PLAY PARA LA EMPRESA SUPERCABLEFILS EN LA CIUDAD DE MACARÁ”**

## 2. RESUMEN

El siguiente trabajo muestra el estudio y diseño de una red de telecomunicaciones HFC (Hybrid Fiber Coaxial) para la empresa "SUPERCABLEFILS" en la ciudad de Macará, así como una descripción minuciosa de lo que son este tipo de redes, y la importancia que están tomando en la actualidad como una de las soluciones preferidas por los cable operadores dado que con estas redes se puede tener la capacidad de brindar un paquete de servicios más amplio como es el caso del paquete Triple Play con Internet Banda Ancha, Telefonía y Video por suscripción que satisfaga a los actuales beneficiarios y de esta manera poder acaparar un mercado más grande.

Iniciando con el análisis de la infraestructura con la que cuenta actualmente la empresa SUPERCABLEFILS, utilizando los planos de red e información de los equipos actuales, se planea una necesaria migración hacia una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial, de esta manera se logra obtener lo mejor de estos dos medios de transmisión como es el gran ancho de banda y velocidad que ofrece la fibra óptica y los bajos costos, facilidad de instalación del cable coaxial.

La red HFC debe ser capaz de realizar una comunicación bidireccional entre los usuarios y la cabecera de la red, como requisito indispensable para poder ofertar el servicio triple play.

Este proyecto se basó principalmente en aspectos técnicos de la red HFC; partiendo desde la cabecera donde se tomó en consideración los servicios a brindar posteriormente se analizó la configuración y administración del sistema, el equipamiento necesario para el diseño de la red de planta externa culminando con el análisis de los equipos que se deben proveer al usuario para poder acceder a nuestros servicios ofertados por la red HFC.

## 2.1 ABSTRACT

The following research work shows the study and design of a telecommunication network HFC (Hybrid Fiber Coaxial) for the company "SUPERCABLEFILS" in the city of Macará, and a detailed description of what do these networks mean, and the actual importance as one of the favorite solutions by cable operators, because these networks may have the capacity to provide a wider service package such as Triple-Play package with broadband Internet, landline and video by subscription solutions that satisfies current beneficiaries so that, it can be the center of a larger market.

Beginning with an analysis of the infrastructure that the company "SUPERCABLEFILS" has currently been using such as: the plans and information network of existing equipment. It's planning a necessary migration to a hybrid network of fiber-optic and coaxial cable, thus it is achieved the best of these two means of transmission, bandwidth and speed, which offer the optical fiber, low prices and ease installation of coaxial cable.

The HFC network must be able to perform a bidirectional communication between users and network headboard, as essential requirements to offer triple-play service.

This research is based mainly on technical aspects of the HFC network; starting from the network headboard in which was taken into consideration to provide further services. Also, it was analyzed configuration and system administration, indispensable equipment for the design of external network and finishing with the analysis of equipment that must be provided to the user in order to access our services offered by the HFC network.

### 3. INTRODUCCIÓN.

Por los años 90 en el cantón Macará la señal de la televisión nacional era exigua frente a la peruana. Gamavisión (actual Gama TV) y Teleamazonas podían sintonizarse, con interferencias, en domicilios que disponían de antenas de aire, colocadas a considerable altura. En cambio, los canales peruanos como Panamericana, Frecuencia Latina, América y ATV eran los más sintonizados en Macará y en cantones vecinos.

Pero esa situación cambió por decisión de los macareños. Con iniciativa e inversión privada se consiguió la concesión de dos operadoras de televisión por cable: EGEL 3 y Súper Cable Macará actual SUPERCABLEFILS, que operan desde 1996 y 2000 respectivamente.

Desde entonces hasta la actualidad la tecnología ha dado pasos agigantados en lo que se refiere a comunicaciones, haciendo que estas sean cada vez más rápidas y seguras ofreciendo calidad de servicio al cliente.

La empresa SUPERCABLEFILS cuenta actualmente con una red CATV (basada exclusivamente en cable coaxial), pero el avance tecnológico nos brinda numerosas alternativas para la implantación de nuevos servicios y se plantea la migración hacia una red híbrida: fibra óptica–cable coaxial (HFC), que maneje servicios convergentes como televisión Digital, Internet Banda Ancha, Telefonía, Video bajo Demanda (VoD), etc.

La empresa utiliza una red de cable coaxial instalada en la ciudad de Macará utilizando cable RG-11 autoportado para distribuir señales de audio y video codificadas que provienen de diferentes satélites comerciales.

La estación terrena o *Head-End*, está ubicada en el Barrio Central en las calles Audón Calderón 05-09 y Carlos Veintimilla desde donde se origina y conforma toda la información de video y audio que se transmitirá a través de la red de cable coaxial.

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

# Objetivos

## OBJETIVO GENERAL

Establecer un plan técnico para que la empresa SUPERCABLEFILS migre de la red de CATV (basada en cable coaxial) a una red híbrida (HFC) para la prestación de servicios *triple play* en la ciudad de Macará.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las condiciones y parámetros actuales que ofrece la red con la que cuenta la empresa SUPERCABLE-MACARÁ en la ciudad de Macará.
- Diseñar la red troncal de la empresa SUPERCABLE-MACARÁ bajo medios de transmisión ópticos.
- Realizar la interconexión de la red troncal óptica con la red de distribución coaxial.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Introducción a la televisión en el Ecuador.**

La Televisión en el país tuvo sus inicios en las ciudades de Quito y Guayaquil hace aproximadamente 37 años. El Ecuador fue el país pionero en América Latina en implementar la Televisión a Color. [1]

El Ecuador se caracteriza por poseer una topografía irregular, con poblaciones que se localizan en la costa, en la Amazonía, en las islas y en la cordillera sobre los 2800 m. de altitud. En ocasiones inclusive son inaplicables los procedimientos de la UIT para las predicciones de cobertura utilizados para la radiodifusión y televisión. Existe gran cantidad de sitios que no cuentan con una recepción adecuada de señales de televisión abierta VHF/UHF y la única manera de obtener la señal televisiva es mediante la suscripción a servicios de televisión pagada. [1]

La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) está adscrita al Ministerio rector de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información.

Es la entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. [2]

### **4.2. Servicios de televisión en el Ecuador**

Los servicios de radiodifusión de televisión están divididos en dos categorías: la primera, y más difundida la televisión abierta, y la segunda audio y video por suscripción.

En la figura 1 se muestra un cuadro sinóptico con la categorización del servicio de televisión en el Ecuador, haciendo notar que todos estos servicios están regidos por el sistema de transmisión de televisión analógica NTSC (National Televisión System Comite) implantado en el Ecuador.



**Figura. 1.** Categorización del servicio de televisión en el Ecuador.

Fuente: [3]

#### 4.2.1. Televisión abierta VHF y UHF

La difusión de televisión analógica abierta transmitida vía terrestre está constituida por un centro emisor y mediante un medio de transmisión físico (coaxial) o inalámbrico (microondas punto a punto) se establece un enlace haciendo llegar las señales de audio y vídeo hasta los transmisores principales situados en lugares estratégicos (normalmente en lo alto de alguna montaña dominante) destinados a emitir la misma y simultánea programación. La transmisión se realiza en las bandas de VHF y UHF. El Plan Nacional de Frecuencias establece las siguientes bandas VHF y UHF para los servicios de radiodifusión con emisión de televisión. [3]

##### **Banda VHF:** [4]

Banda I (54 a 72 MHz; Canales 2 al 4 y de 76 a 88 MHz; Canales 5 a 6).

Banda III (174 a 216 MHz, Canales 7 al 13).

##### **Banda UHF:** [4]



Banda IV (500 a 608 MHz, Canales 19 al 36 y de 614 a 644 MHz, Canales 38 al 42).

Banda V (644 a 686 MHz, Canales 43 al 49).

Banda VI (687 a 746 MHz, Canales 50 al 59).

Banda VII (747 a 806 MHz, Canales 60 al 69).

#### 4.2.2. Sistema de audio y video por suscripción

Es aquel que transmite y eventualmente recibe señales de imagen, sonido, multimedia y datos, destinados exclusivamente a un público particular de suscriptores o abonados.

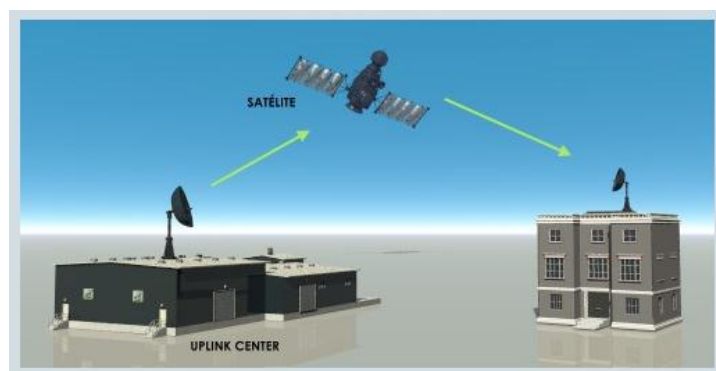
Los sistemas de televisión por suscripción se dividen en tres categorías:

- Sistema codificado satelital (DTH/DBS).
- Sistema codificado terrestre.
- Sistemas por cable.

##### 4.2.2.1. Televisión codificada satelital

Es también conocida como televisión directa al hogar (DTH) o radiodifusión directa por satélite (DBS), utiliza como medio de transmisión el espacio radioeléctrico, mediante enlace espacio - tierra para señales codificadas de audio, video y/o datos, destinadas a los suscriptores o abonados del sistema, que disponen de estaciones receptoras de estas señales. [5]

La figura 2 muestra un esquema del funcionamiento de un sistema de televisión satelital.



**Figura. 2.** Esquema de un sistema DTH

Fuente: [5].

El funcionamiento general del sistema se basa en la transmisión de la señal de los programadores hacia un satélite geoestacionario ubicado a 36.000 Km. de altura, dicho satélite recibe la señal y la transmite de regreso a la Tierra cubriendo el 100% del territorio ecuatoriano. Una antena parabólica instalada en el hogar del abonado recepta la señal y la transfiere a un decodificador conectado a un televisor.

#### 4.2.2.2. Televisión codificada terrestre

Este tipo de servicio por suscripción utiliza como medio de transmisión el espectro radioeléctrico mediante enlaces terrestres, para la recepción de señales es necesario tener línea de vista; la televisión codificada terrestre opera en dos diferentes bandas [6]:

- Televisión Codificada UHF: 20 canales, en un rango de frecuencias comprendido entre 686 a 806 MHz.
- Televisión Codificada MMDS: 31 canales, en un rango de frecuencias comprendido entre 2500 a 2686 MHz.

Esta modalidad de televisión por suscripción utiliza el mismo principio de la televisión abierta en cuanto a su funcionamiento pues los transmisores se ubican en sitios altos como cerros para radiar su señal, la ventaja de esta modalidad es que no utiliza cables, evitándose así el gasto de infraestructura como redes de cable, la principal desventaja especialmente en los Sistemas de Distribución Multicanal Multipunto (MMDS) es la limitada cobertura, interferencia, ruido y variaciones atmosféricas típicos de la televisión abierta, en los últimos años estos sistemas se han visto afectados como ningún otro por la piratería pues lo que se necesita es estar dentro de la zona de cobertura [6].

En la siguiente figura 3 se muestra un esquema general del sistema de televisión codificada terrestre tanto para MMDS como para UHF.



**Figura. 3.** Sistema de televisión codificada terrestre

Fuente: [6].

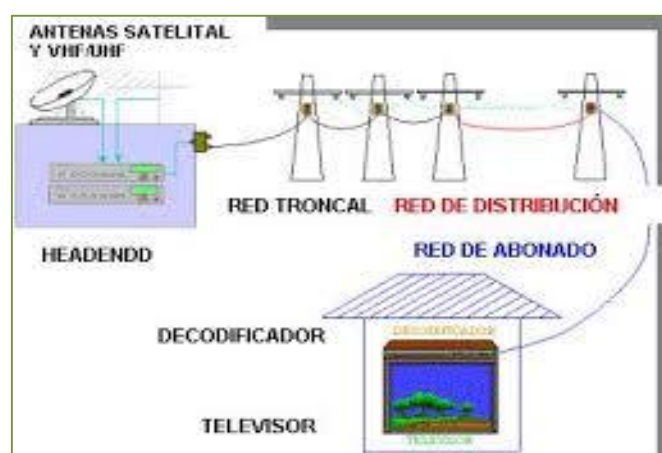
### 4.2.2.3. Televisión por cable físico

Es aquel que utiliza como medio de transmisión una red de distribución de señales por línea física.

Esta categoría de servicio también es conocido como televisión por cable y transmite por línea física (fibra óptica y/o cobre) señales de audio, video y datos, destinadas a los suscriptores del sistema [6].

Está formado por una cabecera o HeadEnd; el cual cumple la función de estación transmisora y desde el que se gobierna todo el sistema, además está formado por diferentes redes: red troncal, red de distribución y red de abonado o suscriptor.

En la figura 4 se muestra la arquitectura básica de un sistema de televisión por cable.



*Figura. 4. Arquitectura básica de un sistema de televisión por cable*

*Fuente: [6].*

### 4.2.2.4. Parámetros Técnicos de calidad:

Con el objeto de garantizar una señal de calidad, la Norma Técnica del Servicio Analógico de Audio y Video por suscripción define dos grupos de parámetros que son:

- Parámetros Técnicos a ser medidos en Head-End
- Parámetros Técnicos a ser medidos en la red de abonado.

La tabla 1 muestra los Parámetros Técnicos a ser medidos en la cabecera o Head-End los mismos que son establecidos por la ex- Superintendencia de Telecomunicaciones,

y en la actualidad controlados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).

Parámetro Técnico	Medición a Validar por canal	Incidencia Calidad Imagen
Relación Portadora a Ruido (CNR)	40 < CNR < 75 [dB]	Calidad de imagen
HUM(Zumbido)	< 5%	Zumbido Audible
Depth Modulation	65 – 95 %	Definición de los colores

Tabla 1. Parámetros Técnicos a ser medidos en la cabecera o Head-End

Fuente: [6].

La tabla 2 muestra los Parámetros Técnicos a ser medidos en la red de abonado, los mismos que son establecidos por la ex- Superintendencia de Telecomunicaciones, y en la actualidad controlados por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL).

Parámetro Técnico	Medición a Validar por canal	Incidencia Calidad Imagen
Nivel de Señal a la frecuencia más alta de la grilla de programación	mayor o igual a 7 [dBmV]	Calidad de imagen
Nivel de Señal a la frecuencia más baja de la grilla de programación	mayor o igual a 5 [dBmV]	Calidad de imagen
Relación Portadora a Ruido (CNR)	mayor o igual a 30 [dB]	Calidad de imagen
Nivel de Señal Suscriptor	0 – 10 [dBmV]	Calidad de imagen

Tabla 2. Parámetros Técnicos a ser medidos en la red de abonado

Fuente: [6].

### 4.3. Sistemas de Audio y Video por suscripción en el Ecuador.

Para conocer acerca de la televisión por cable en el Ecuador se ha realizado una investigación en la página web de la ex -Superintendencia de Telecomunicaciones, actualmente ARCOTEL, con el propósito de tener datos de primera mano y plasmar de mejor manera su realidad.

En Ecuador el servicio de televisión por cable llega en el año 1986 en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca, con la apertura de la empresa SATELCOM S.A. concesionaria del sistema denominado TV Cable, la cual ofertaba tres paquetes de programación [6].

En 1994 aparecieron pequeños sistemas con paquetes de 6 o 7 canales, generalmente abiertos.

Actualmente existen 232 permisionarios entre televisión por cable físico, televisión codificada terrestre y televisión codificada satelital (situación a septiembre de 2015) que brindan en promedio, entre 30 y 60 canales, incluyendo las más importantes cadenas de TV pagada del mundo. Muchos de estos sistemas cuentan con un canal local utilizado para generar su propia programación o emitir servicios de teletexto [6].

A partir del año 1997 el CONARTEL reguló la televisión por cable en el Ecuador creando el reglamento respectivo. La duración de los contratos de concesión es de 10 años.

El gremio que acoge al cable operador es la Asociación Ecuatoriana de Televisión por Cable (ASETC), quien desde el año 2000 ha realizado su gestión en los siguientes frentes:

- Acuerdos con el CONARTEL para el pago de la Tasa por uso anticipado de sus sistemas.
- Fijación de precios por uso de postes con las empresas eléctricas.
- Análisis previo a negociaciones en el tema de Derechos de Propiedad Intelectual

Las principales limitaciones y dificultades que enfrenta el sector de la televisión por suscripción son las siguientes:

- El nivel de medio de inversión permite que solo un bajísimo porcentaje de operadores tenga la posibilidad de implementar el servicio Pay per View (PPV).
- En virtud que el CONATEL regula los servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión y televisión, existe una gran expectativa por lo que pueden ofrecer los servicios de tecnologías convergentes.
- El principal inconveniente es la falta de seguridad jurídica frente al alarmante desarrollo de la tecnología de fabricación de equipos para uso clandestino.

- Los sistemas alternativos de televisión para el hogar de fácil acceso, como adquisición de películas a muy bajo costo.

Desde el principio el operador de audio y video por suscripción predominante ha sido TV Cable, (sin embargo en cierto momento se convirtió en un monopolio), Una de las dificultades por las que no surgían operadores de audio y video por suscripción era que no había regulación ni control de estos servicios por lo que empezaron a operar y prestar sus servicios varios operadores de audio y video por suscripción de manera clandestina y pirata, no fue sino a partir del año 2000 que la Superintendencia de Telecomunicaciones teniendo en su mano el Reglamento para Sistemas de Audio y Video por suscripción y en atención a la comunicación del Procurador general del Estado de aquel entonces, mediante la cual se comunicaba que antes de proceder con la suscripción de los contratos de autorización para la explotación de Sistema de Televisión por Cable, las empresas beneficiarias tenían que pagar las obligaciones líquidas a la Superintendencia de Telecomunicaciones, por tarifas de cables y estaciones terrenas, devengadas durante todo el periodo anterior, en las que se había comprobado la prestación del servicio a sus clientes, incluyendo intereses legales de mora causados y no pagados. Alrededor de 20 sistemas de cable estuvieron inmersos en esta situación.

Los valores concernientes a la prestación anticipada del servicio de televisión por cable llevaron a varios de estos 20 sistemas mencionados a no cancelar dichos valores y simplemente desaparecieron.

En la Tabla 3 se detalla el comportamiento histórico del número de estaciones de televisión durante el periodo 1996 – junio 2013:

Año	Total Radiodifusión	Televisión Abierta		Total Televisión	Televisión	Tv Codificada
		VHF	UHF			
1996	831	168	63	231	ND	ND
1997	825	168	63	231	ND	ND
1998	830	169	63	232	ND	ND
1999	770	166	55	221	ND	ND
2000	830	188	52	240	ND	ND
2001	887	187	53	240	54	ND
2002	943	190	55	245	79	34
2003	1020	209	72	281	103	20

<b>2004</b>	1116	215	103	318	115	26
<b>2005</b>	1179	217	107	324	123	26
<b>2006</b>	1186	222	107	329	184	27
<b>2007</b>	1194	223	129	352	219	27
<b>2008</b>	1206	215	184	399	226	27
<b>2010</b>	1205	216	228	444	244	25
<b>2012</b>	1155	258	264	522	251	21
<b>Jun-13</b>	1148	260	288	548	250	20

"ND" información No Disponible

Tabla 3. Comportamiento de las estaciones de televisión

Fuente: [6].

En la tabla 4 se muestra porcentualmente el crecimiento del número de estaciones de los servicios de televisión abierta y audio y video por suscripción, durante el periodo 1996 – junio 2013, hay que observar que el crecimiento de los sistemas de audio y video por suscripción refleja un crecimiento del 139%.

Periodo	Televisión abierta	Audio y video por suscripción
1996	231	113
Jun-13	548	270
Variación	317	157
Tasa %	137%	139%

Tabla 4. Variación del número de estaciones de televisión

Fuente: [6].

Gráficamente se observa el comportamiento de los sistemas de audio y video por suscripción durante este periodo.

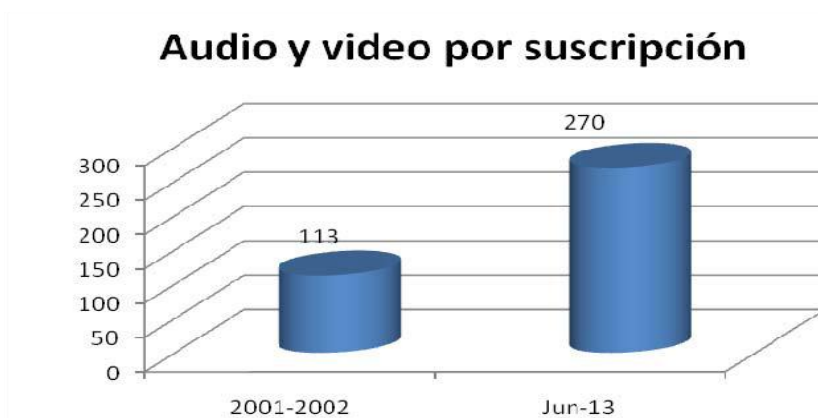
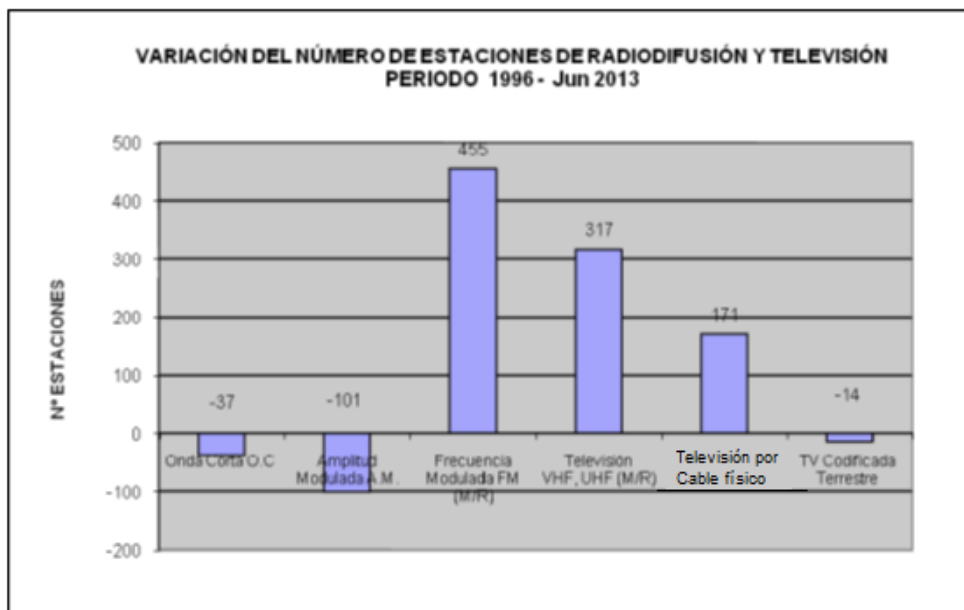


Figura. 5. Variación del número de estaciones de audio y video por suscripción

Fuente: [6].

A continuación, en la figura 6 se muestra la variación del número de estaciones de radiodifusión, televisión abierta y audio y video por suscripción del periodo de 1996 a junio de 2013.

Hay que destacar que la televisión por cable físico ha sido la de mayor incremento, mientras que los sistemas de televisión codificada terrestre han sido los de menor incremento en este periodo.



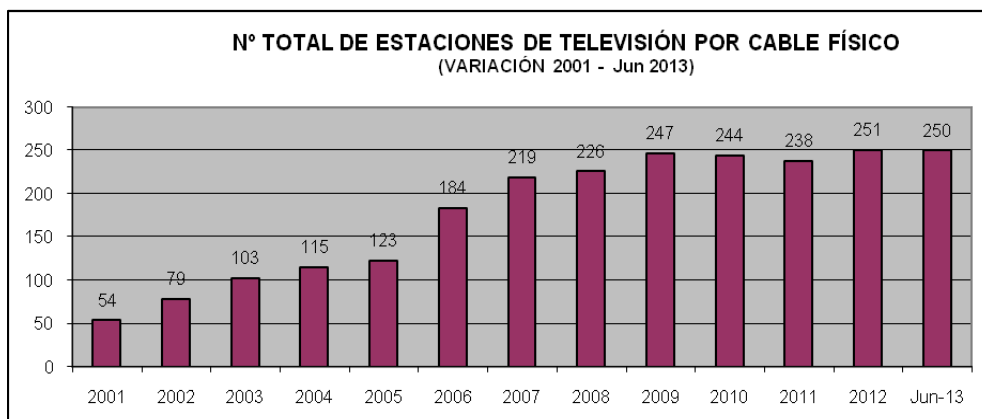
**Figura. 6.** Estaciones de radio, televisión abierta y por suscripción

Fuente: [6].

Durante el periodo 1996 a junio del 2013, el número de estaciones de los servicios de radiodifusión sonora FM crecieron un 96%, televisión abierta en un 137% y los sistemas de televisión por cable crecieron en un 139%; mientras que las estaciones de los servicios de radiodifusión sonora de onda corta y amplitud modulada han decrecido considerablemente en un 73% y un 33%, respectivamente; así también decrecieron las estaciones de televisión codificada terrestre en un 41%, decrecimientos que obedecen a reversiones y/o devoluciones de las frecuencias concesionadas al Estado, dispuestas por el Organismo de Regulación.

En la figura 7 se observa el comportamiento histórico del número de estaciones de audio y video por suscripción en la modalidad de cable físico en función del periodo de tiempo.





**Figura. 7.** Crecimiento de la televisión por cable.

Fuente: [6].

El crecimiento de las estaciones de audio y video por suscripción por cable físico (televisión por cable) durante el periodo 2001 – junio de 2013, presenta un 216%, aunque en los últimos años se observa un estancamiento de su crecimiento.

Se debe señalar que los sistemas de audio y video por suscripción, se consideran desde el 2001 y 2002, años en los cuales se regularizaron los contratos respectivos y se registra en la base de datos de concesionarios respectiva.

#### 4.3.1. Situación actual

Según estadísticas de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) hasta septiembre de 2015 los sistemas de audio y video por suscripción muestran los siguientes datos; en la tabla 5 se muestra el número total de sistemas autorizados a nivel nacional y en la figura 8 su representación gráfica.

Reportes de Radio y TV		
Número de Estaciones de Audio y Video por suscripción clasificadas por servicio		
 Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones		
Fecha de Publicación: 02 de Septiembre de 2015		
Servicio	No. de estaciones	Porcentaje
Televisión por cable terrestre*	233	94,33%
Televisión codificada terrestre	7	2,83%
Televisión codificada satelital**	7	2,83%
<b>TOTAL</b>	<b>247</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 5. Número total de sistemas autorizados a nivel nacional.

Fuente: [7].



**Figura. 8.** Número total de sistemas autorizados.

Fuente: [7].

En la tabla 6 se muestra el número de estaciones de los sistemas de audio y video por suscripción, autorizados a nivel provincial; No se ha tomado en cuenta al servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de televisión codificada satelital, en virtud de que su área de servicio es a nivel Nacional.


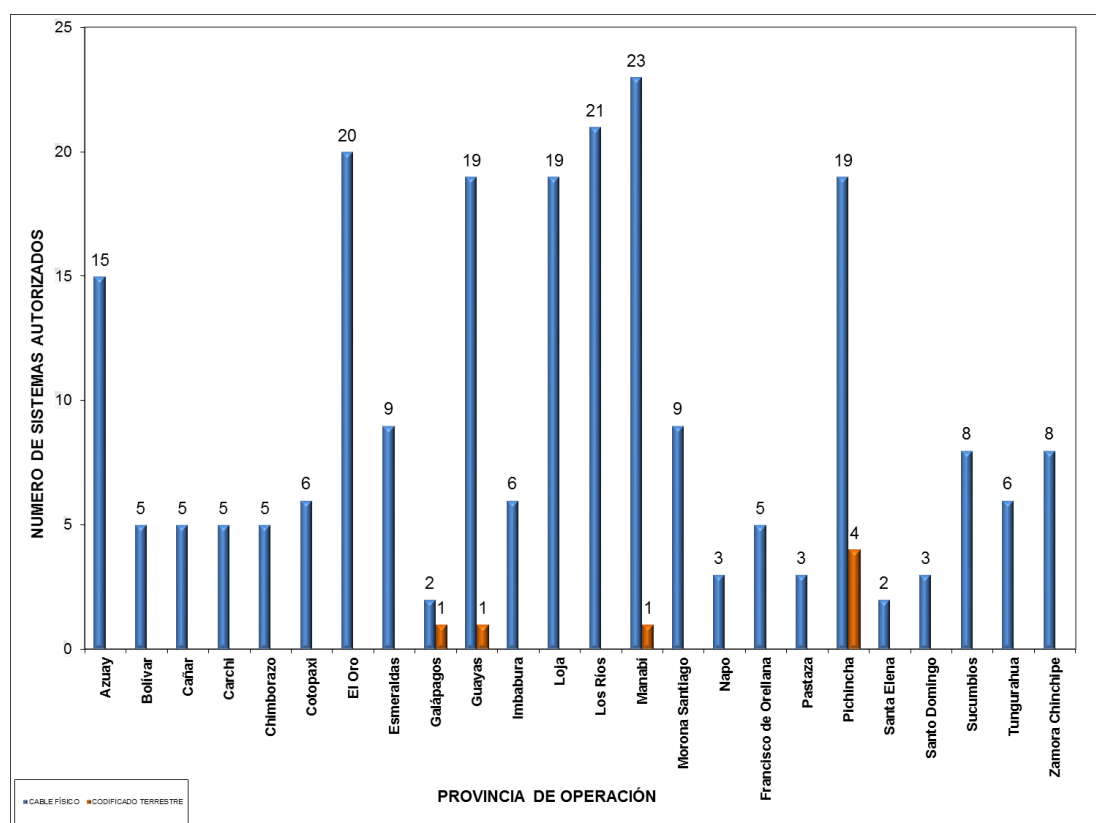
<b>Reportes de Radio y TV</b> Número de Estaciones de Audio y Video por suscripción clasificadas por provincias			
		 Agencia de <b>Regulación y Control</b> de las <b>Telecomunicaciones</b>	
Fecha de Publicación: 02 de Septiembre de 2015			
Provincias	Televisión Codificada Terrestre	Televisión por cable físico	Total Estaciones TV - Suscripción
Azuay		15	15
Bolívar		5	5
Cañar		5	5
Carchi		5	5
Chimborazo		6	6
Cotopaxi		7	7
El Oro		20	20
Esmeraldas		9	9
Galápagos	1	2	3
Guayas	1	22	23
Imbabura		7	7
Loja		19	19
Los Ríos		21	21
Manabí	1	23	24
Morona Santiago		9	9
Napo		3	3
Orellana		5	5
Pastaza		3	3
Pichincha	4	19	23
Santa Elena		2	2
Santo Domingo de los Tsáchilas		3	3
Sucumbíos		8	8
Tungurahua		7	7
Zamora Chinchipe		8	8
<b>Total general</b>	<b>7</b>	<b>233</b>	<b>240</b>
<b>Total General Porcentual</b>	<b>2,92%</b>	<b>97,08%</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 6. Estaciones de televisión por provincia

Fuente: [7].

De lo anterior se observa que la provincia con mayor número de estaciones de Televisión por Cable Físico es la provincia de Manabí con 23 estaciones y de Televisión Codificada Terrestre es la de Pichincha con 4 estaciones, sin embargo, sólo los sistemas de audio y video por suscripción tienen la posibilidad de aumentar en cantidad, pues las estaciones de televisión codificada terrestre utilizan el espectro radioeléctrico para su difusión, siendo este un recurso limitado.

En la figura 9 se observa el número de estaciones con las que cuenta cada provincia.



**Figura. 9.** Estaciones de televisión por provincia.

Fuente: [7].

La disponibilidad de sistemas de audio y video por suscripción por cable físico en cada ciudad o población no depende del uso de espectro radioeléctrico, por lo que teóricamente no existe restricción para su autorización. Existirían factores limitantes tales como: la competencia, el mercado, las autorizaciones para el tendido de cable, etc.

En las gráficas anteriores se observa el predominio de los sistemas por cable físico dentro de la categoría de servicios por suscripción siendo mucho mayor que televisión codificada terrestre y televisión satelital DTH.

En la tabla 7 se observa la distribución de suscriptores de acuerdo a la modalidad de acceso del servicio de audio y video por suscripción (SAVS) tanto en la modalidad de pago normal (con factura) y prepago, a nivel nacional a septiembre de 2015 y además el porcentaje correspondiente de cada servicio.

Modalidad	No. de suscriptores PAGO NORMAL	No. de suscriptores PREPAGO	No. Total de suscriptores	%
TELEVISIÓN CODIFICADA SATELITAL	466.789	260.202	726.991	60,05%
TELEVISIÓN CODIFICADA TERRESTRE	42.373	0	42.373	3,50%
TELEVISIÓN POR CABLE	437.835	3.376	441.211	36,45%
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>946.997</b>	<b>263.578</b>	<b>1.210.575</b>	<b>100,00%</b>

Tabla 7. Número de suscriptores del SAVS por modalidad de acceso.

Fuente: [8].

La televisión codificada satelital corresponde al 60% del total de suscriptores del servicio de audio y video por suscripción, seguida por la televisión por cable que representa el 36% de suscriptores, y en una proporción minoritaria la televisión codificada terrestre que es apenas un 4% del total de suscriptores, tal como se observa en la figura 10.



Figura. 10. Porcentaje de Participación por modalidad de acceso.

Fuente: [8].

### 4.3.2. Penetración del servicio de audio y video por suscripción

Posterior a la verificación de la información reportada a la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones por parte de los sistemas que brindan el servicio de audio y video por suscripción (SAVS), se establece que, en el ámbito nacional, hasta el cuarto trimestre del 2014, existe un total de 1.210.575 suscriptores.

Al relacionar el número total de suscriptores con la población total estimada en el Ecuador, se conoce que la densidad del servicio a nivel nacional hasta el cuarto trimestre del año 2014 es del 28,70%. En la Tabla 8 se puede observar lo anteriormente mencionado.

<b>Total de suscriptores</b>	<b>1.210.575</b>
<b>Número de habitantes por hogar <sup>1</sup></b>	3,8
<b>Total estimado de usuarios del servicio</b>	4.600.185
<b>Población total estimada <sup>1</sup></b>	16.027.466
<b>Densidad del servicio</b>	28,70%

1. Fuente: Estimación realizada con base en Censo del INEC 2010

*Tabla 8. Densidad del SAVS en el ámbito nacional.*

*Fuente: [8].*

Con esta estimación, se considera que, a la fecha, la penetración del servicio de audio y video por suscripción sería alrededor del 28.70 %.

Esta estimación sería conservadora ya que no estiman los potenciales usuarios de los suscriptores de tipo corporativo tales como empresarial, hoteles, hosterías, etc.

#### **TENDENCIA DE LA DENSIDAD DEL SERVICIO PERÍODO 2003-2014.**

A continuación, en la tabla 9, se analiza la evolución de la densidad del servicio de audio y video por suscripción en el ámbito nacional, desde 2003 hasta el cuarto trimestre de 2014.

*Tabla 9. Evolución de la densidad del servicio de audio y video por suscripción.*

Año	Población Total	Número de Suscriptores	N° de miembros por hogar	N° de usuarios estimados	Grado de penetración del servicio
2003	12.842.578	177.427	4,2	745.193	5,8%
2004	13.026.891	172.409	4,2	724.118	5,6%
2005	13.215.089	178.583	4,2	750.049	5,7%
2006	13.408.270	207.337	4,2	870.815	6,5%
2007	13.605.485	241.293	4,2	1.013.431	7,4%
2008	13.805.095	244.109	4,2	1.025.258	7,4%
2009	14.005.449	252.853	4,2	1.061.983	7,6%
2010	14.204.900	324.550	4,2	1.363.110	9,6%
2011	14.483.499	422.086	3,8	1.603.927	11,1%
2012	14.765.927	650.870	3,8	2.473.306	16,8%
2013	15.774.749	943.565	3,8	3.585.547	22,73%
2014 (4T)	16.027.466	1.210.575	3,8	4.600.185	28,70%

Fuente: [8].

El servicio de audio y video por suscripción hasta el 2010 mantuvo una densidad menor al 10%, alcanzando en el 2011 un 11,1%, en el 2012 un 16,75%, en el 2013 un 22,73%, y en el 2014 llega al 28,70%, tal como se observa en la figura 11.

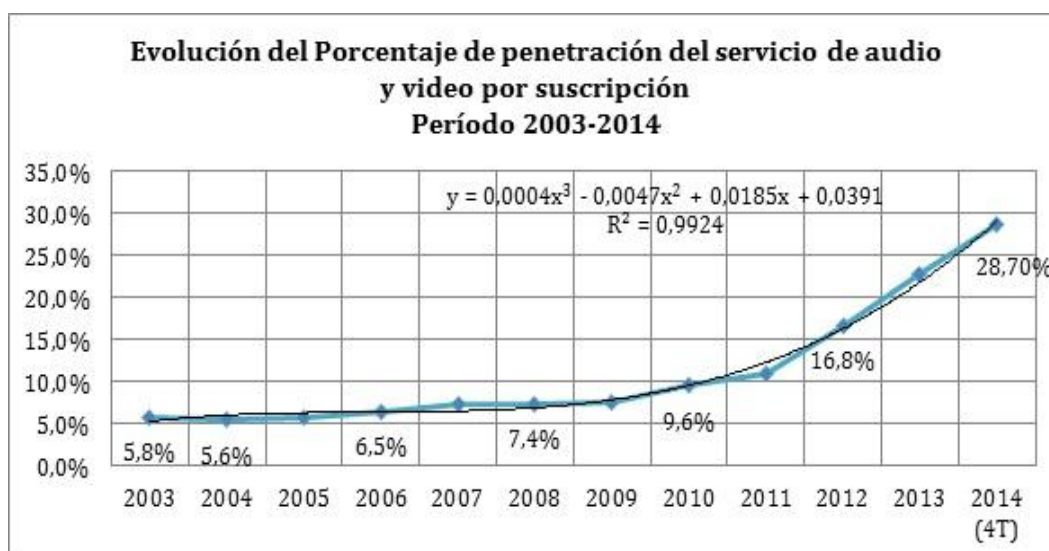
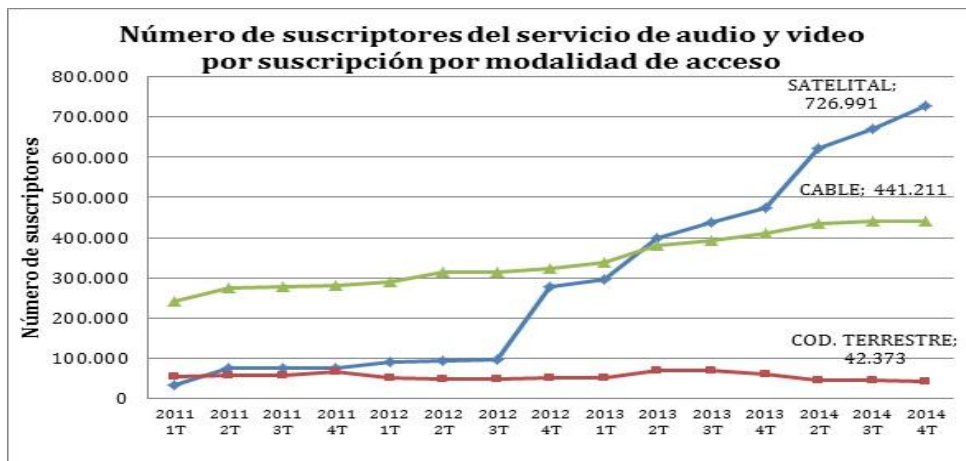


Figura. 11. Evolución de la penetración del SAVS hasta el 4T 2014

Fuente: [8].

La televisión codificada terrestre no presenta un incremento de suscriptores, su tendencia se mantiene a la baja, la televisión por cable presenta un leve crecimiento hasta el año 2013 y en el transcurso del cuarto trimestre del 2014 se observa un

decrecimiento en cuanto a porcentaje de participación por modalidad, por otra parte la televisión codificada satelital ha mantenido una tendencia de crecimiento constante y sostenida desde el cuarto trimestre del 2012 hasta la presente fecha, convirtiéndose en la modalidad de acceso del servicio de audio y video por suscripción con mayor número de suscriptores; esto se visualiza en la figura 12.



**Figura. 12.** Tendencia de suscriptores por modalidad de acceso.

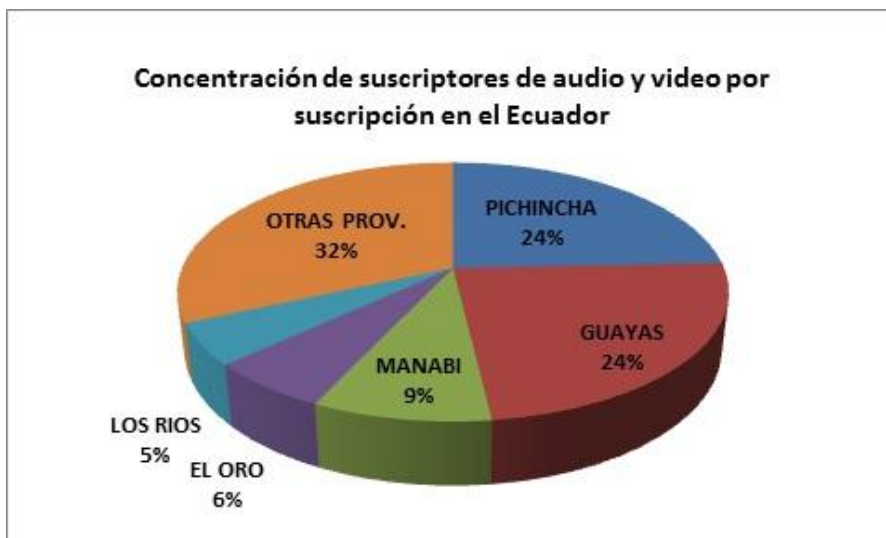
Fuente: [8]

## **PARTICIPACIÓN DE SUSCRIPTORES POR PROVINCIA**

El porcentaje participación, es el dato relacionado con el número de suscriptores con el que aporta cada provincia al total nacional.

Las provincias con mayor participación de suscriptores (cantidad total de suscriptores) del servicio de audio y video por suscripción son, en su orden, Pichincha, Guayas, Manabí, El Oro y Azuay que abarcan el 68% del total de suscriptores a nivel nacional, mientras que el 32% se encuentra distribuido en las provincias restantes.

Como se observa en la figura 13. Sobresalen Pichincha y Guayas al ser las más representativas con el 24% participación.

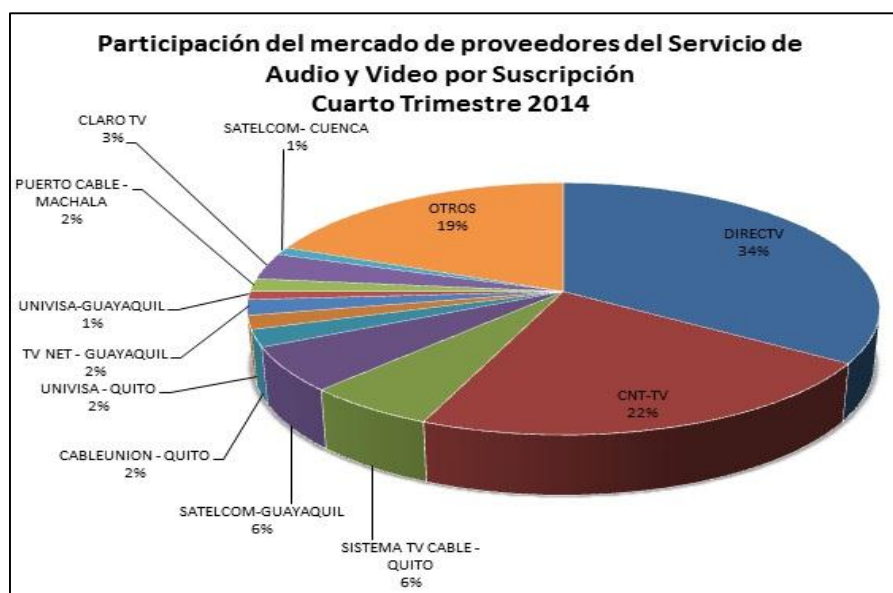


**Figura. 13.** Porcentaje de participación de usuarios por provincia. Dic-2014.

Fuente: [8].

### **SUSCRIPTORES DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN POR SISTEMA**

Luego de haber analizado la información de cada uno de los sistemas que brindan el servicio de audio y video por suscripción, se obtiene que 11 sistemas abarcan el 80% del mercado nacional, tal como se observa en la Figura 14.



**Figura. 14.** Porcentaje de participación al cuarto trimestre del 2014.

Fuente: [8].



Como se observa en el gráfico anterior, empresas como el GRUPO TV CABLE (SISTEMA TV CABLE y SATELCOM) tienen autorizaciones para operar varios sistemas (diferentes contratos de autorización) en varias ciudades del país, por lo que es pertinente analizar la participación en el mercado por empresa, tal como se observa en la Figura 15.



**Figura. 15.** Porcentaje de participación por empresa al cuarto trimestre del 2014.

Fuente: [8].

### 4.3.3. Estado Actual en la Provincia de Loja

En la Tabla 10, se muestra la situación actual de los SAVS en la provincia de Loja nos indica que no existe ningún sistema de televisión codificada terrestre, los 19 suscriptores de Tv pagada son de televisión por cable y cuentan con un total de 16.332 usuarios. En el cantón Macará existen 2 permisionarios de Televisión por cable como son: EGEL 3 y SUPERCABLEFILS.

SUPERCABLEFILS está en el mercado desde hace 15 años y ofrece a la ciudadanía 30 canales de televisión con una variada programación: infantiles, educativos, entretenimiento, deportivos, agrícolas, etc. El costo del paquete es de 7 dólares en la actualidad cuenta con el paquete más económico a nivel provincial y nacional.

La evolución tecnológica y la demanda de servicios que tiene el cantón Macará lleva a la empresa a plantear la posibilidad de migrar a una red Híbrida (HFC), razón por la cual se plantea el siguiente estudio

Categoría	Concesionario	Rep. Legal	Nombre Estación	Provincia	Cobertura	Abril	Mayo	Junio
TELEVISIÓN POR CABLE	SALINAS CALVA ROBIN PATRICIO	SALINAS CALVA ROBIN PATRICIO	CABLE EXPRESS	LOJA	LOJA	601	651	661
TELEVISIÓN POR CABLE	BERMEO ABRAHAM CESAR AUGUSTO	BERMEO ABRAHAM CESAR AUGUSTO	CABLEMUNDO	LOJA	CARIAMANGA	12	12	12
TELEVISIÓN POR CABLE	FERNANDEZ QUEZADA FLOR MARIA	FERNANDEZ QUEZADA FLOR MARIA	CABLEVISION DON DIEGO	LOJA	CATAMAYO	2269	2269	2269
TELEVISIÓN POR CABLE	BRAVO TORRES FRANCISCO NERI	BRAVO TORRES FRANCISCO NERI	CABLEVISION GONZANAMA	LOJA	GONZANAMA	147	147	147
TELEVISIÓN POR CABLE	FERNANDEZ ESTRELLA MARCELA JACQUELINE	FERNANDEZ ESTRELLA MARCELA JACQUELINE	CELICABLE	LOJA	CELICA	307	303	299
TELEVISIÓN POR CABLE	COMPANIA EN NOMBRE COLECTIVO EGEL 3	PEREZ GALAN LUIS ALFONSO	EGEL 3	LOJA	MACARA	735	765	800
TELEVISIÓN POR CABLE	COBOS TANDAZO IVE ROSALY	COBOS TANDAZO IVE ROSALY	IVONLERIK-ZAPOTILLO	LOJA	ZAPOTILLO	175	177	180
TELEVISIÓN POR CABLE	CANGO SERRANO LORGIO EFRAIN	CANGO SERRANO LORGIO EFRAIN	MAS(+)-VISION	LOJA	ALAMOR	252	252	254
TELEVISIÓN POR CABLE	CANGO SERRANO LORGIO EFRAIN	CANGO SERRANO LORGIO EFRAIN	MAS(+)-VISION	LOJA	AMALUZA	120	120	120
TELEVISIÓN POR CABLE	ORTEGA DIAZ DENNIS PAUL	ORTEGA DIAZ DENNIS PAUL	OHTV	LOJA	MALACATOS	95	100	90
TELEVISIÓN POR CABLE	BUSTAMANTE GUAICHA JUAN CARLOS	BUSTAMANTE GUAICHA JUAN CARLOS	PINDAL TV	LOJA	PINDAL	76	76	76
TELEVISIÓN POR CABLE	TAPIA SALINAS MODESTO EDUARDO	TAPIA SALINAS MODESTO EDUARDO	SARAGURO VISION	LOJA	SARAGURO	121	121	121
TELEVISIÓN POR CABLE	SATELCOM S.A. (CABLE)	SCHWARTZ REBINOVICH JORGE BENITO	SATELCOM	LOJA	LOJA	8552	8617	8625
TELEVISIÓN POR CABLE	TORRES MORENO LUPE MARLENE	TORRES MORENO LUPE MARLENE	SUPER CABLE	LOJA	CARIAMANGA	1287	1207	1254
TELEVISIÓN POR CABLE	VALAREZO CAMPOVERDE JORGE LUIS	VALAREZO CAMPOVERDE JORGE LUIS	SUPERCABLE CATACOCCHA	LOJA	CATACOCCHA	372	374	379
TELEVISIÓN POR CABLE	SUPERCABLEFILS CIALTDA.	VALAREZO CAMPOVERDE SMELIN FRANCISCO	SUPERCABLEFILS	LOJA	MACARA	548	554	560
TELEVISIÓN POR CABLE	LUZURIAGA ROJAS DOLORES PATRICIA	LUZURIAGA ROJAS DOLORES P.	TV CABLE QUILANGA	LOJA	QUILANGA	60	60	60
TELEVISIÓN POR CABLE	VILLEGAS COSIOS JORGE FERNANDO	VILLEGAS COSIOS JORGE FERNANDO	VICOS TV	LOJA	VILCABAMBA	126	126	126
TELEVISIÓN POR CABLE	BUSTAMANTE PAREDES LUISA MARIA	BUSTAMANTE PAREDES LUISA MARIA	CABLE ALAMOR	LOJA	ALAMOR	307	303	299

Tabla 10. Datos de suscriptores de Tv pagada por permisionario en la provincia de Loja.

Fuente: [8].

## **4.4. Levantamiento de información de la red actual**

### **4.4.1. Empresa de tv por cable “SUPERCABLEFILS”.**

El Sistema de Audio y Video por suscripción es una red cerrada que provee el servicio limitado de difusión de señales de televisión, la empresa SUPERCABLEFILS se constituyó el 14 de junio de 2000, es una empresa que posee una concesión autorizada para operar el servicio de televisión por cable en la ciudad de Macará.

### **4.4.2. Componentes del sistema de Tv por cable.**

La Empresa SUPERCABLEFILS cuenta con tres partes principales en el sistema de cable: (ver anexo 2)

- La cabecera,
- La red de distribución,
- La acometida.

### **4.4.3. Infraestructura Actual de la red de tv cable SUPERCABLEFILS**

#### **4.4.3.1. Estación Terrena.**

Las estaciones terrenas controlan la recepción desde el satélite, regula la interconexión entre terminales, administra los canales de salida, codifica los datos y controla la velocidad de transferencia.

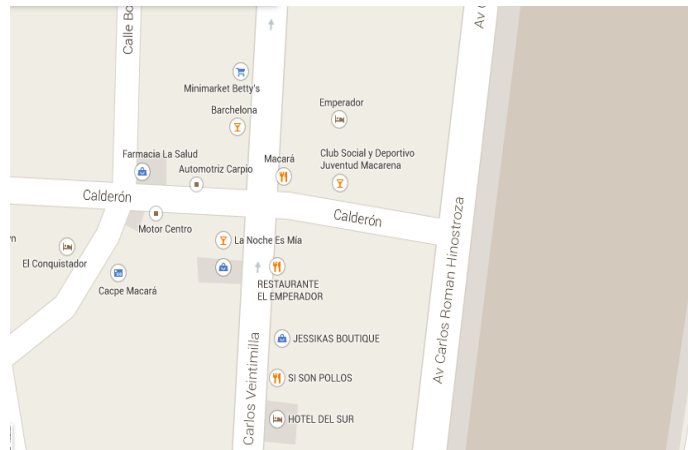
Consta de 3 componentes:

- Estación receptora: Recibe toda la información generada en la estación transmisora y retransmitida por el satélite.
- Antena: Debe captar la radiación del satélite y concentrarla en un foco donde está ubicado el alimentador. Una antena de calidad debe ignorar las interferencias y los ruidos en la mayor medida posible.
- Estación emisora: Está compuesta por el transmisor y la antena de emisión.

La Estación terrena de la empresa SUPERCABLEFILS se encuentra en el Barrio Central, en las calles Audón Calderón 05- 09 y Calos Veintimilla, ver Figura. 16, y su ubicación geográfica es:

**LATITUD:** 4°22'51.40"S

**LONGITUD:** 79°56'32.97"O



**Figura. 16.** Ubicación de la empresa SUPERCABLEFILS

Fuente: [El Autor]



**Figura. 17.** Estación Terrena "SUPERCABLEFILS"

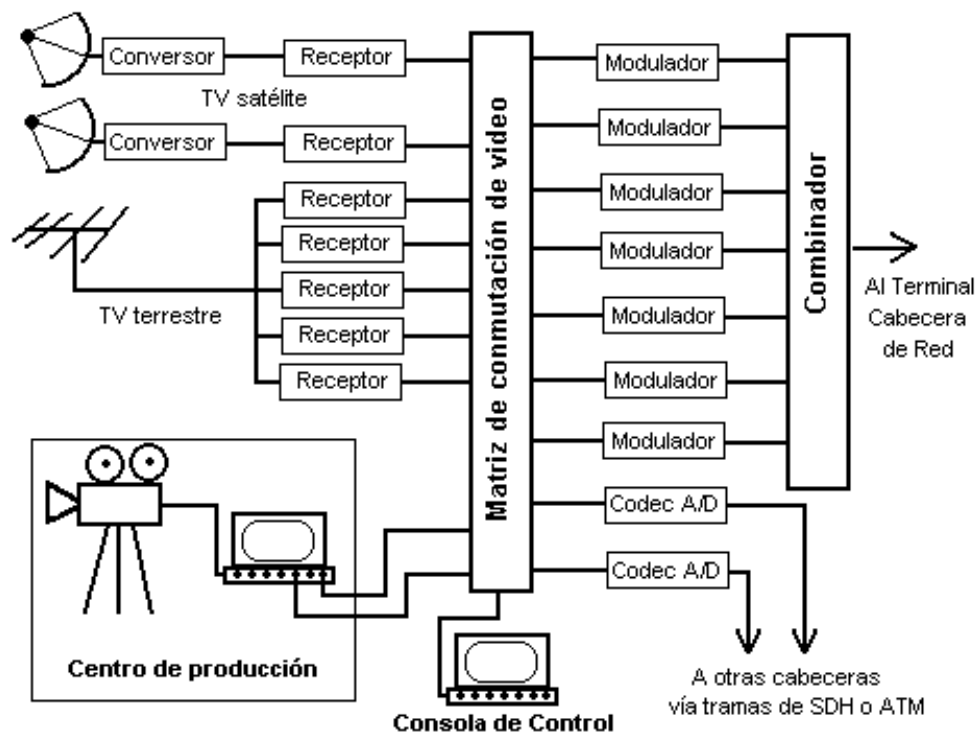
Fuente: [El Autor]

#### 4.4.3.2. Cabecera de la red

Es el origen del sistema de televisión por cable, tiene como misión fundamental la recepción, procesamiento y transmisión de las señales de televisión hacia una red de cable físico. Es el centro de recepción y control, fundamentalmente está constituido por la antena o grupos de antenas utilizadas para la recepción de las diversas señales, preamplificadores, receptores satelitales, decodificadores, moduladores y procesadores.

Este procesamiento consiste en la traslación de señales de audio y video provenientes del satélite, de difusión terrestre, o, de producción local a una frecuencia y formato de canal establecido para transmitirse por la red de cable, mezclándose en un combinador para su inyección a la red troncal.

En la figura 18 se muestra la configuración general que tiene el HeadEnd y sus componentes.



**Figura. 18.** Elementos básicos de la cabecera o HeadEnd

Fuente: [El Autor]

La cabecera de la empresa SUPERCABLEFILS cuenta con antenas satelitales las cuales son las encargadas de recibir las señales de TV desde los satélites, fuentes de radiodifusión aérea, microondas, etc., por medio de un LNB (Low Noise Block) para ser amplificadas y convertidas.

También cuenta con una antena de aire para la recepción de la señal del canal local MAXIVISIÓN, de igual manera esta señal ingresa a un modulador y posteriormente al combinador.

Las señales provenientes del satélite son sintonizadas por un receptor satelital de audio y video y decodificadas en caso de que sean enviadas con formatos de codificación (MPEG-2, etc.), para luego obtener una señal modulada en el canal adecuado. Las señales ya colocadas en un canal distinto gracias a la modulación son agrupadas en un combinador con las señales locales de televisión (las mismas que pasan por un procesador de señales, donde son filtradas, amplificadas y ecualizadas.), y por último la señal compuesta es enviada a la red por medio de un amplificador y transmisor, como se muestra en la Figura. 19.



**Figura. 19.** Cabecera “SUPERCABLEFILS”.

Fuente: [El Autor].

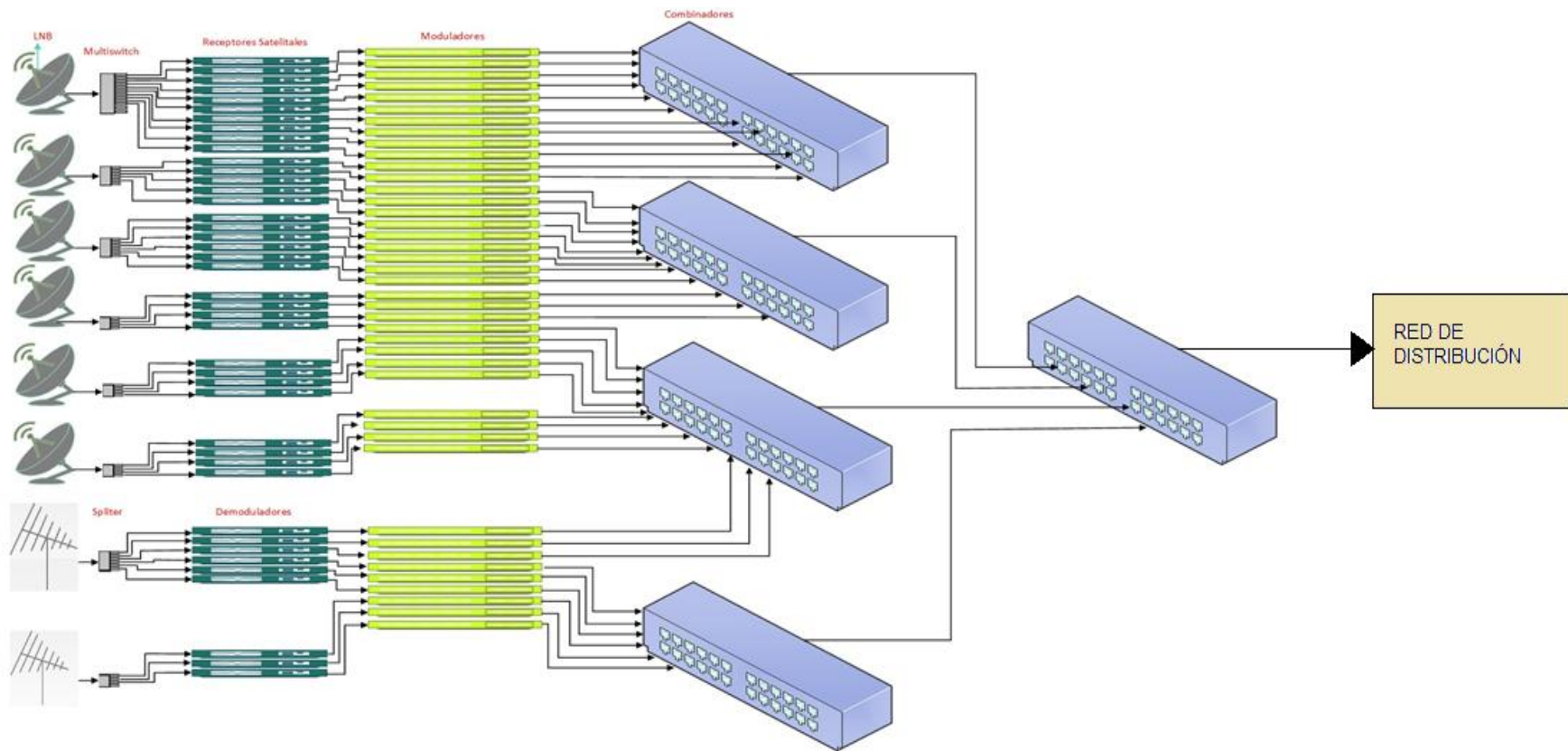
En la tabla 11 se puede apreciar un listado de todos los equipos que son utilizados actualmente en la cabecera de la empresa SUPERCABLEFILS con sus respectivas marcas y modelos y en la Figura 20 se puede observar el esquema de dicha cabecera.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Marca - Modelo</b>
2	Antena satelital 3.4 metros	PRODELIN - SERIE 1344
3	Antena satelital 2.4 metros	PRODELIN - SERIE 1252
1	Antena satelital 1.2 metros	PRODELIN - SERIE 1130
6	LNB	NORSAT - 8500 Digital Global
2	Antena yagi-uda	ANTENNACRAFT - CCS 1843
12	Receptores	PANSAT 300A – 300M
20	Receptores	SCIENTIFIC ATLANTA-POWERVU D9223
42	Moduladores	PICO MACOM - PCM55SAW
9	Demoduladores	PICO MACOM - PFAD900CS
5	Combinadores	PICO MACOM – PHC12G
1	Multiswitch	SH212B
2	Multiswitch	SH26B
3	Multiswitch	SH24B

*Tabla 11. Equipos Utilizados en la cabecera de SUPERCABLEFILS*

*Fuente: [El Autor].*





**Figura. 20.** Esquema de la cabecera actual de SUPERCABLEFILS.

Fuente: [El Autor]



## ➤ Recepción de canales

### ▪ Canales vía Satelital

Las antenas, para recibir los canales extranjeros y para algunos nacionales, son del tipo plato parabólico, poseen en su foco el LNB (Bloque convertidor de bajo ruido), el cual combina un amplificador de bajo ruido (LNA) y un convertidor de bloque que amplifica y traslada la señal a una frecuencia RF más baja para poder ser inyectada a los receptores satelitales, es tele alimentado desde la estación.

La tabla 12 muestra las bandas de frecuencia de recepción satelital, contemplados en la Norma técnica de audio y video por Suscripción bajo la Modalidad de Cable Físico.

Banda	Ancho de Banda
C	3,7 y 4,2 Ghz
Ku	11,7 y 12,2 Ghz

Tabla 12. Bandas de recepción satelital.

La empresa SUPERCABLEFILS en la actualidad cuenta con 6 antenas parabólicas para la recepción de los diferentes canales, las cuales están ubicadas en la parte superior de la estación terrena, Son de diferente tipo por ello la longitud de los platos son de distinto tamaño como se puede observar en la figura 21. A continuación, en la tabla 13 se detallan las especificaciones de la antena seccional SI-10.

<b>Frecuencia de operación</b>	1.0 – 12.75 Ghz
<b>Diámetro</b>	3.0 m (120")
<b>F/D Ratio</b>	0.38
<b>Longitud focal</b>	45.6"
<b>Ganancia a 4.2 Ghz</b>	40.2 dBi
<b>Ganancia a 12.2 Ghz</b>	48.2 dBi
<b>Ancho de Haz</b>	1.75°
<b>Numero de secciones</b>	4

Tabla 13. Especificaciones de la antena seccional SI-10

Fuente: [9]



**Figura. 21.** Antenas Parabólicas “SUPERCABLEFILS”

Fuente: [El Autor].

- **Satélites**

Entre de los satélites que la empresa SUPERCABLEFILS usa en la actualidad se pueden citar: [10]

**EUTELSAT 117.-** es un satélite de comunicaciones construido para México por Space Systems/Loral, el cual sustituyo al Satmex 5 en la órbita 116.8° Oeste. El 2 de enero de 2014 la compañía mexicana Satmex fue vendida a la francesa Eutelsat, pasando a llamarse Eutelsat Americas, de igual manera se renombró toda su flota satelital. Después de múltiples retrasos, se lanzó el 26 de marzo de 2013 en el Cosmódromo de Baikonur, Kazajistán, este satélite provee de algunos canales libres.

**Galaxy 3C.-** es un satélite de comunicaciones de la empresa Intelsat, trabaja en las bandas C y Ku, tiene una polarización en la banda C lineal y en la banda Ku circular, en la órbita 95.0° Oeste. Lanzado el 15 de junio de 2002 da cobertura a toda américa del sur, américa latina, tiene una vida útil de 15 años.

**SES 6.-** se encuentra en la posición orbital de 40,5 ° W, proporcionando la capacidad de expansión significativa en América Latina y el Caribe. Ampliado de carga útil de banda Ku del satélite proporciona cobertura en aumento sobre las Américas, tanto para una oferta de DTH convincente, así como para la distribución por cable. Este satélite

también es ideal para la conectividad aeronáutica sobre el Atlántico; Fabricado por Airbus Defence & Space lanzado el 3 de junio de 2013 en el vehículo Protón Breeze M.

**Intelsat 805 - 11 - 14 - 21.-** Originalmente se formó como la Organización Internacional de Satélites de Telecomunicaciones. Desde 1964 hasta el 2001 fue una organización intergubernamental que prestaba servicios de retransmisión internacional. En marzo de 2011, Intelsat opera una flota de 52 satélites de comunicaciones es el mayor proveedor de servicios de comunicaciones por satélite del mundo. Posee y opera un sistema de satélites que proporciona cuatro grandes servicios principalmente, para usuarios en más de 200 países, en todos los continentes. Estas categorías son: servicio público de telefonía conmutada, línea privada (red de servicios para negocios), servicios de retransmisión (Audio y video), servicios nacionales y regionales. En la tabla 14 se listan los satélites que utiliza la empresa.

<b>Nombre</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Tipo de satélite</b>	<b>Localización orbital</b>	<b>Vehículo de lanzamiento</b>	<b>Fecha de lanzamiento</b>
<b>Intelsat 805</b>	Lockheed Martin	LM-3000	55.5°W	Atlas IIA (AC-153)	18 -06- 1998
<b>Intelsat 11</b>	Orbital Sciences	Star-2	43.1°W	Ariane 5GS V178	5 -10- 2007
<b>Intelsat 14</b>	Space Systems Loral	FS-1300	315° EL	Atlas V 431	24 -11- 2009
<b>Intelsat 21</b>	Boeing Satellite Systems	IS-21	58.0°W	Zenith-3SL	19-08- 2012

*Tabla 14. Satélites Intelsat ocupados por SUPERCABLEFILS*

*Fuente: [El Autor]*

- **Canal Local MAXIVISIÓN y Stereo Macará.**

SUPERCABLEFILS cuenta con su propio canal “Maxivisión” y con su propia radio “Stereo Macará” ambas se generan en el mismo lugar es por ello desde su lugar de producción salen a través de un cable coaxial RG-6, en cabecera se reciben estas dos

señales con un Splitter de 2 vías para su posterior procesamiento y finalmente la transmisión por la red de cable.



**Figura. 22.** Canales locales de “SUPERCABLEFILS”

Fuente: [El Autor]

➤ **Procesamiento de señales**

- **Demodulador**

Su función es recibir las señales VHF y/o UHF de los canales de televisión abierta que se encuentran en el aire, y convertirlas en señales en banda base original que comprende la señal de video sin procesar y las diferentes portadoras de audio. En la figura 23 se puede observar en demodulador Pico Macom PFAD-900css utilizado por la empresa y en la tabla 15 sus principales características.



**Figura. 23.** Demodulador PFAD-900css.

Fuente: [11]

Rango de frecuencia de entrada	54 ~ 806MHz
Entrada de RF Nivel Rango	0-25dBmV
Respuesta Vídeo frecuencia	± 1.5dB
Señal de vídeo a 60 dB de ruido	

Compuesto SI Nivel de salida	(min) 30dBmV
Detección de Audio Tipo cuadratura FM	
Nivel de salida de audio	(min) 800mV
Audio Nivel 4.5MHz de salida	(min) 35dBmV
Respuesta de frecuencia de audio 20 ~ 15,000Hz	
RF Conexión de entrada	75Ω F-Mujer
Vídeo Conexión de salida	75Ω F-Mujer
Voltaje de entrada	115 VCA

Tabla 15. Especificaciones técnicas del demodulador PFAD-900.

Fuente: [11].

- **Procesador de canal**

Las señales en banda base que proceden del demodulador se procesan y entrega las señales de audio y video, tratándolas por separado y entregándolas al modulador de salida. En la figura 24 se observa el procesador SP860 que se utiliza en la cabecera de la empresa, así como también las especificaciones técnicas del equipo que se muestran en la tabla 16.



Figura. 24. Procesador SP860 806MHz.

Fuente: [11].

Rango de frecuencia de entrada	5,75 a 806 MHz
Canales de entrada	T7 a 125 ( STD , HRC , IRC )
Rango de frecuencia de salida	5,75 a 806 MHz
Canales de salida	T7 a 125 ( STD , HRC , IRC )

Nivel de salida	60 dBmV mínimo
AGC de entrada	-12 a 30 dBmV
AGC Estabilidad:	0,5 dB
Entrada / Impedancia de salida	75 ohmios
Pérdida de retorno de entrada de la salida	15 dB
Nivel de salida de ajuste	15 dB
A / V Ajuste Rango	0 a 10 dB
Cifra de ruido	6 dB VHF , UHF 8 dB
Vídeo Carrier Estabilidad	Canales estándar $\pm$ 10 kHz ( FCC) Bandas CATV $\pm$ 3 kHz
Selectividad de canal	De audio adyacentes y por debajo de > -60 dB De vídeo adyacentes y por encima de > -60 dB
Distorsión de intermodulación	> -60 dB
Relación portadora -ruido	> -60 dB

Tabla 16. Especificaciones técnicas del procesador SP860.

Fuente: [11].

- **Receptores satelitales**

### **Canales abiertos**

Una vez que se tiene una señal proveniente del LNB es necesario discriminarla en frecuencia y amplificarla, esta tarea es realizada por los receptores satelitales los cuales trabajan en el rango de frecuencias de banda C y Ku permitiendo la selección de canales desde los 950 a los 2150 MHz.

Cuando el LNB envía la señal por medio de una guía de onda, esta llega a un receptor el cual sintoniza la señal a la frecuencia de portadora que será procesada de todas las portadoras recibidas por la antena., también permite la descompresión y decodificación de la señal digital comprimida en formato MPEG-2 abierta y en formato DVB (Digital

Video Broadcasting). En la figura 25 y figura 26 se observan los tipos de receptores que son utilizados en la cabecera de la empresa SUPERCABLEFILS.



**Figura. 25.** Receptor Pansat 300A – 300M.

Fuente: [12].



**Figura. 26.** Receptor PowerVu D9223.

Fuente: [13].

A continuación, se observan las características técnicas de los receptores satelitales especificadas en las tablas 17 y 18 respectivamente.

Capacidades del sistema		totalmente compatible con DVB
<b>LNB/ entrada del sintonizador</b>	conector	IEC 169-24, hembra
	Rango de frecuencia	950 ~ 2150 MHz
	Nivel del señal	-65dBm ~ -25 dBm
	Suministro LNB	14/18V, max 400mA
	Control del interruptor LBN	22KHz, 0/12V
<b>Demodulador</b>	Interfaz	QPSK
	velocidad de símbolos	2MSps ~ 45MSps
	inversión espectral	conversión automática
<b>recursos del sistema</b>	procesador	32bit procesador (50MHz)
	SDRAM	2Mbyte

	FLASH	1Mbyte
	EEPROM	2Kbyte

Tabla 17. Especificaciones del receptor Pansat 300A – 300M.

Fuente: [12].

Capacidades del sistema compatible con MPG-2/DVB		
	Modulación	QPSK
	Suministro LNB	13/19V, max 400mA
<b>sintonizador</b>		
	Rango de frecuencia	950 MHz ~ 2050 MHz
	Nivel del señal	-30 dBm ~ -65 dBm
	velocidad de símbolos	3.0 MS/s ~ 30.8 MS/s
	Satélites	Banda C y Banda Ku
	Impedancia	75ohmios
	StepSize	100 símbolos / s

Tabla 18. Especificaciones del receptor PowerVu D9223.

Fuente: [11].

### **Canales codificados**

Para recibir los canales codificados se instalan receptores que son suministrados por los respectivos propietarios y distribuidores autorizados de las señales en el Ecuador.

- **Modulador**

Una vez que se tiene todas las señales que se desean distribuir por la red del sistema; es decir las de libre recepción y las satelitales, cada una de ellas se modulará a la frecuencia correspondiente al canal en la cual será sintonizada y cuyas frecuencias deberán corresponder a las establecidas en la Norma Técnica para el Servicio Analógico de Audio y Video por Suscripción bajo la Modalidad de Cable Físico.

Para la distribución de canales satelitales son necesarios tantos módulos receptores como canales analógicos se desean distribuir, el modulador usado por la empresa es el



PCM55SAW que se muestra en la figura 27 y sus especificaciones técnicas se las detalla en la tabla 19.



**Figura. 27.** PCM55SAW-Canal Modulador Fijo de Audio Video Con Filtro Saw.  
Fuente: [11].

Frecuencia de salida	Rango	54 - 550MHz
<b>PCM55SAW</b>		
Ajuste canalizado Nivel de salida de RF	55dBmV	
portadora a ruido	(en banda) PCM55SAW 64dB	
portadora a ruido	(fuera de banda) PCM55SAW 67dB	
salida espuria	> 65dB	
Frecuencia de respuesta de vídeo	1,5 dB	
señal de vídeo a ruido	60 dB	
Entrada de audio Tipo	monoaural / MTS Baseband	
Respuesta de audiofrecuencia	50 - 15.000 Hz	

*Tabla 19. Especificaciones técnicas del modulador PCM55SAW.*  
Fuente: [11].

- **Combinador**

A la salida de cada modulador se encuentra una señal RF de determinada frecuencia, como todas deben viajar por el mismo canal, estas deben ser combinadas o multiplexadas en frecuencia a través del combinador. Una vez obtenidas todas las señales, se mezclarán utilizando un combinador, el cual deberá tener tantas entradas como canales analógicos a transmitir.

A continuación, se detallan las características técnicas del combinador PHC12G utilizado en la cabecera de SUPERCABLEFILS.



**Figura. 28.** Combinador de 12 Canales PHC12G 1 Ghz de banda ancha pasiva  
Fuente: [11].

Ancho de banda	5 ~ 1000MHz
Aislamiento (Puertos opuestos)	40dB
Aislamiento (puertos adyacentes)	30dB
Pérdida de inserción (max) - (PHC-12G)	-18 DB
Pérdida de inserción (max) - (PHC-24G)	-21dB
La pérdida del punto de prueba	20dB
Entrada Tipo de conector	75Ω F-Mujer
Salida Tipo de conector	75Ω F-Mujer
Dimensiones	19 "(L) x 3" (D) x 1.75 "(H)
Peso - (PHC-12G)	2,5 libras.

**Tabla 20.** Especificaciones técnicas del combinador PCH12G.  
Fuente: [11].

#### 4.4.3.3. Características y configuración de la red de cable coaxial.

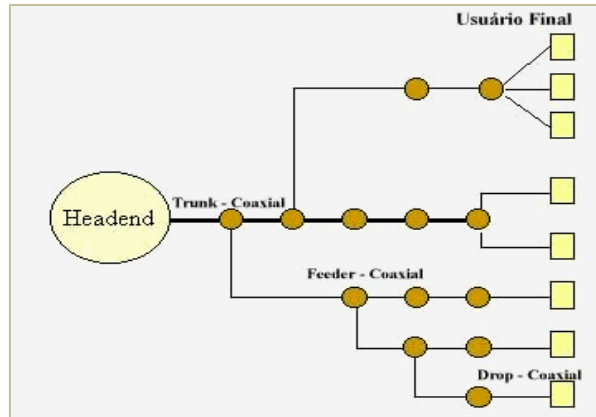
Desde la salida del amplificador de la Head-End inicia la red de cable coaxial y está compuesta de las siguientes partes:

##### ➤ Red de Distribución

Esta red es encargada de distribuir la señal de CATV hacia los abonados. Está formada por amplificadores o Line Extender, fuentes de poder, acopladores direccionales, splitters, taps, y la línea de transmisión coaxial RG-11. Cada salida de un amplificador

proporciona una señal de 45 a 50 dBm, la ganancia típica de estos es alrededor de 20 y 22 dB.

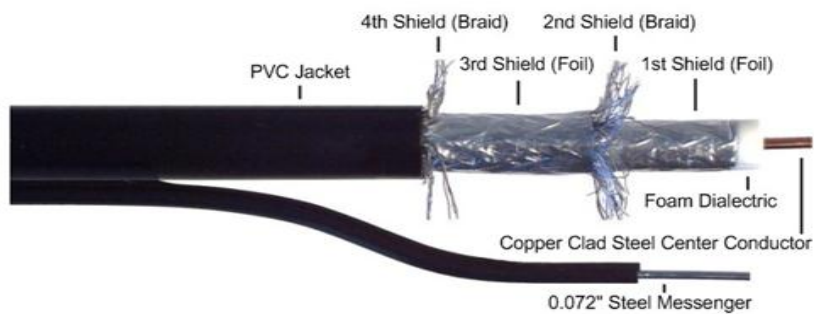
En la figura 29 se muestra el esquema de una red de distribución actual y sus componentes.



**Figura. 29.** Esquema de distribución actual.

Fuente: [El Autor]

En la figura 30 se observa la línea de cable coaxial del tipo RG-11, que conforma la red de distribución, esta es de marca COMMSCOPE y viene acoplado con el alambre mensajero para hacer un mejor templado y agarre del mismo.



**Figura. 30.** Cable coaxial RG11 con mensajero.

Fuente: [14].

MARCA	COMMSCOPE
SERIE	RG – 11
LARGO ESTÁNDAR	305 m
CAPACITANCIA	52.5pt/m

<b>IMPEDANCIA</b>	75 ± 3.0 Ohms
<b>VELO. DE PROPAGACIÓN</b>	82%
<b>ATENUACIÓN A 400Mhz</b>	7.77 dB / 100 m

Tabla 21. Características Commscope RG-11.

Fuente: [14].

- **Fuentes de Poder**

Estas son utilizadas para insertar energía a la línea, y así alimentar a los elementos activos que necesitan energía en la red como son los equipos amplificadores de línea.

El tipo de fuente de poder que utiliza el sistema es de marca ALPHA, de alto rendimiento, como se observa en la figura 31 y sus características se muestran en la tabla 22.

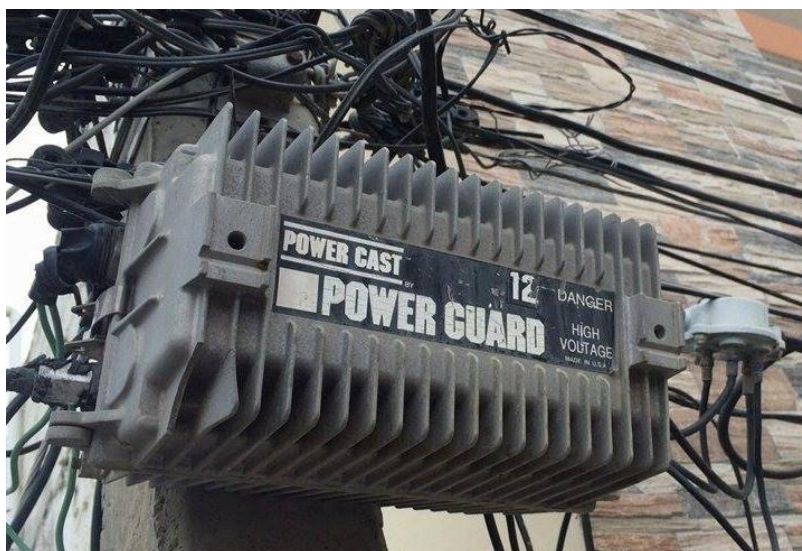


Figura. 31. Fuente de poder ALPHA.

Fuente: [El Autor].

<b>Marca</b>	<b>ALPHA</b>
<b>voltaje de alimentación</b>	110/220 V
<b>Voltaje que entrega</b>	63-87 Vac
<b>corriente de salida</b>	8 amperios
<b>rango de frecuencia de estabilización</b>	± 0.05 % en el modo de inversor ± 1 % en el modo normal
<b>voltaje de regulación</b>	± 5%

Tabla 22. Características de la Fuente de poder ALPHA

Fuente: [15].

- **Amplificadores de Línea**

Dispositivo empleado para aumentar el nivel de la señal que viaja por una línea de distribución o acometida. Se utilizará para la red de distribución los amplificadores marca SCIENTIFIC ATLANTA modelo Line Extender III Type 3 750 MHz, como se observa en la figura 32.



**Figura. 32.** Line Extender III Type 3 750 MHz.

Fuente: [El Autor]

El módulo amplificador viene pre configurado con diplexores ecualizador entre etapas, amplificador de revertir, con el fin de lograr un rendimiento óptimo de la estación. En la tabla 23 se muestran sus principales características.

	<b>Unidades</b>	<b>Adelante</b>	<b>Retorno</b>
<b>paso de banda</b>	MHz	52-750	5-40
<b>Tipo de amplificador</b>	--	PHD	PP
<b>temperatura de funcionamiento</b>	grados	-40 to +140 F	-40 to +140 F
<b>Respuesta Frecuente</b>	dB	±0.5	±0.5
<b>rango de ganancia</b>	dB	±4	N/A
<b>Pérdida de retorno</b>	dB	16	16
<b>Corriente de operación</b>	Amps	15	N/A
<b>Max. Corriente de operación (2 hrs)</b>	Amps	25	N/A
<b>Zumbido de modulación @ 10 A</b>	dB	70 (55-750 MHz)	58 (5-15 MHz) 65 (16-40 MHz)

<b>Zumbido de modulación @ 15 A</b>	dB	62 (55-150 MHz) 50 (5-15 MHz)	60 (151-600 MHz) 59 (16-40 MHz) 58 (601-750 MHz)		
<b>Punto de prueba (±0.5 dB)</b>	dB	-20			-20
<b>Referencia de salida de alta frecuencia</b>	dBmV	47.5 @ 750 MHz 44 @ 550 MHz	35 @ 40 MHz 8		
<b>Referencia de salida de baja frecuencia</b>	dBmV	35 @ 54 MHz			35 @ 5 MHz
<b>Ganancia operativa mínima</b>	dB	<b>3M</b>	<b>3T</b>	<b>3A</b>	19.5
		30.5	29.5	28.5	
<b>Figura de ruido @ 54 MHz</b>	dB	7.5	7.5	7.5	---
<b>Figura de ruido @ 750 MHz</b>	dB	9	9	9	---
<b>Figura de ruido de retorno</b>	dB	---	---	---	6.0

Tabla 23. Características del Amplificador Line extender III tipo3

Fuente: [16]

- **Derivadores de Línea o Taps**

Es el dispositivo de conexión entre la red de distribución y el abonado, la figura 33 muestra los derivadores que se usan, son de marca IKUSI y tienen un rango de trabajo hasta 1 Ghz.



Figura. 33. Tap IKUSI utilizado en la red de distribución.

Fuente: [El Autor].

Estos son elementos pasivos que entregan una señal atenuada que proviene de la línea para ser repartida a diferentes abonados, según el valor del acoplador se obtiene niveles predeterminados a la salida. Existen derivadores de 2, 4 y 8 salidas, dependiendo de la

necesidad o cantidad de posibles abonados se colocan en cada poste, poseen diferentes tipos de atenuación que se instala dependiendo del nivel de entrada al tap proveniente del cable y el valor aceptable de señal que le tiene que entrar al televisor del abonado.

Las tapas se sueltan sin desmontar los cables de conexión, lo que permite, con su simple sustitución, un rápido y cómodo cambio de valores de derivación en la ampliación de una red de cable, así como también un mantenimiento adecuado.

SALIDAS	ATENUACIÓN DE PASO (dB)	ATENUACIÓN DE DERIVACIÓN (dB)
2	1,3	14,4 ± 1
4	2,0	14,2 ± 1
8	3,8	13,7 ± 1

Tabla 24. Valores de atenuación 2, 4 y 8 salidas del TAP.

Fuente: [17].

En la tabla 25 se detallan el número de elementos usados en la red actual.

Elemento	Numero
Amplificador 3 Salidas	3
Line Extender	27
Amplificador Autoalimentado	3
Fuente eléctrica	4
Taps	472
Postes de la EERSA	472

Tabla 25. Elementos de la red de CATV Actual.

Fuente: [El Autor].

### ➤ Acometida

Es el conjunto de elementos que se utilizan en el sitio del abonado para distribuir las señales en el interior, en otras palabras, es el cable coaxial que constituye la parte final de la red de cable, para la acometida al abonado se utiliza una línea RG-6 genérico, como se observa en la figura 34, con una atenuación nominal de 14 dB/100m a frecuencia de 450 Mhz. En la tabla 26 se detalla las características principales del cable que se utiliza en la instalación al abonado.



**Figura. 34.** Cable de acometida coaxial RG-6.

Fuente: [18].

<b>LARGO ESTÁNDAR</b>	100 m
<b>TEMP. OPERACIÓN</b>	-40° C a 75° C
<b>IMPEDANCIA</b>	75 ± 3.0 Ohms
<b>VELO. DE PROPAGACIÓN</b>	82%
<b>ATENUACIÓN A 450Mhz</b>	14 dB / 100 m

*Tabla 26. Características Eléctricas del cable de acometida coaxial RG-6.*

Fuente: [18].

La finalidad del cable de acometida es conectar los equipos del cliente a la red de cable mediante un tap (derivador) para dar el servicio de video, la terminación utiliza un conector tipo F, (ver Figura. 35), que va directamente al Televisor del abonado debido a que “SUPERCABLEFILS” ofrece video decodificado, es decir no es necesario un decodificador.



**Figura. 35.** Conector Tipo F

Fuente: [18].

Si existen múltiples receptores en las instalaciones del suscriptor, se utiliza un divisor de señales (Splitter), (ver figura 36), para que la señal llegue individualmente a cada aparato receptor.



**Figura. 36.** Splitter genérico de 2 salidas

Fuente: [18].



## **4.5. Servicios de acceso a internet de banda ancha**

### **4.5.1. Generalidades de Banda Ancha.**

Es trascendental hacer una investigación de la situación actual sobre la Banda Ancha en el país, ya que las telecomunicaciones no son solo una necesidad sino una exigencia de todas las personas, hoy en día el mundo actual que esta globalizado demanda que todas las personas estemos conectadas. Ecuador no se ha quedado atrás, por este motivo el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la información dio a conocer como política pública la Estrategia Ecuador Digital 2.0, donde uno de sus Programas es el Plan Nacional de Banda Ancha, en el que se indica que la banda ancha representa el mayor desafío de infraestructura del siglo XXI, que es uno de los pilares fundamentales para el crecimiento económico, social, educativo y para mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos, que permite la creación de nuevas oportunidades, nuevas industrias, generación de nuevos empleos y está inmersa en todas las áreas de la transformación social y productiva de los países pues ha cambiado la forma de prestar servicios, de hacer negocios, de difundir información pero sobre todo de acceder, organizar e impartir el conocimiento [19].

Los objetivos de dicho Plan son los siguientes: [20]

- Mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos mediante el uso, introducción y apropiación de las nuevas tecnologías de información y comunicación, TIC.
- Incrementar el uso y apropiación de las TIC en Educación y en todos los sectores productivos de la sociedad, como Salud, Seguridad, Mediana y Pequeña Empresa Mi PYMES, Servidores públicos, etc.
- Permitir a todos los ecuatorianos independientemente de su condición socio-económica y ubicación geográfica el acceso a los servicios de banda ancha con calidad y calidez.
- Impulsar el despliegue de redes y servicios a nivel nacional.
- Crear condiciones de mercado para desarrollo de la Banda Ancha

Las Metas de dicho Plan son las siguientes: [20]

- Al 2015 incrementar en 80% las Mi PYMES conectadas a Banda Ancha.
- Al 2015 lograr que al menos el 50% de los hogares ecuatorianos cuenten con acceso a Banda Ancha.

- Al 2015 lograr que al menos un 50% de las parroquias rurales tengan conexión a Banda Ancha.
- Al 2015 lograr que al menos el 40% de los hogares ecuatorianos del Quintil 1 y 2 tengan acceso a banda Ancha.
- Al 2016 triplicar el número de conexiones a Banda Ancha.
- Al 2017 alcanzar al menos el 75% de la población ecuatoriana con acceso a Banda Ancha.

## **4.5.2. Definiciones de Banda Ancha**

### **4.5.2.1. Definiciones propuestas por entidades Internaciones.**

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en el documento titulado “Vocabulary of terms of broadband aspects of ISDN” nos indica que el termino Banda Ancha hace referencia a: la clasificación de un servicio o sistema, el cual requiere un canal de transmisión capaz de soportar tasas mayores a una tasa inicial [21].

Por este hecho, otros autores prefieren definir a banda Ancha como una velocidad de transmisión de datos; inicialmente se llamaba Banda Ancha a un enlace cuya velocidad era de 64 kbps debido a que lograba ser una velocidad de datos mayor respecto a la de dial-up (56 kbps), sin embargo, con la constante evolución de las telecomunicaciones, del marketing y la inclusión de las tecnologías xDSL, el termino Banda Ancha se adjudicó siempre a la velocidad más rápida de descarga, sea 128 kbps, 512kbps, y actualmente 2Mbps o más [19].

Posteriormente la UIT y la organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) acordaron, con fines de medición, a definir en términos de velocidad o tasa de bits, la banda ancha fija (cableada) e inalámbrica; por motivos de desambiguación, ya que varias empresas de telecomunicaciones ofrecían banda ancha, pero sus velocidades de descarga eran diferentes. La UIT considera que los servicios de banda ancha fija (cableada) son abonados con acceso a alta velocidad a la red Internet publica (por una conexión TCP/IP) a velocidades descendentes iguales o superiores a 256 kbps. Los servicios de banda ancha inalámbricos incluyen abonados por satélite, inalámbricos fijos terrenales e inalámbricos móviles terrenales, con una velocidad de descarga anunciada de por lo menos 256 kbps [22].

No obstante, La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y la UNESCO conformaron la Comisión de banda Ancha (Broadband Commission) en septiembre de 2010, la cual presenta, entre otras cosas, un marco estratégico, plan de acción, políticas y recomendaciones referentes a la Banda Ancha.

Dicha comisión no define explícitamente el término Banda Ancha en base a velocidades mínimas de transmisión, debido a la serie de definiciones enunciadas por diversos países en términos de marketing. Sino como una infraestructura de red capaz de prestar de manera fiable diversos servicios convergentes, mediante el acceso de gran capacidad a una combinación de tecnologías [22].

#### **4.5.2.2. Definición de banda Ancha en el Ecuador**

En el Ecuador, luego de un proceso de Audiencias Públicas en las cuales participaron y contribuyeron la empresa pública, la empresa privada y público en general; el consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) aprobó el documento titulado: “Parámetros de Calidad, Definiciones y Obligaciones para la prestación del Servicio de Valor Agregado de Internet”, con Resolución 216-09-CONATEL-2009, de 27 de julio de 2009 [23].

De dicho documento en el Anexo 1 podemos extraer las siguientes definiciones: [23]

**Banda Ancha:** Ancho de banda suministrado a un usuario mediante una velocidad de transmisión de bajada (proveedor hacia el usuario) mínima efectiva igual o superior a 256 kbps y una velocidad de transmisión de subida (usuario hacia el proveedor) mínima efectiva igual o superior a 128 kbps para cualquier aplicación.

**Compartición:** Expresión que define el número de usuarios asignados a un determinado canal compartido.

**Ancho de banda (Velocidad de Transmisión de información):** Cantidad de información que puede ser transmitida en la unidad de tiempo a través de un canal de comunicación, expresada en bits por segundo o en sus múltiplos.

Para los fines del Plan se entiende la denominación “Ancho de banda” como expresión de referencia a la velocidad de transmisión de información.

#### **4.5.2.3. Banda Ancha Fija:**

La banda ancha fija es el servicio que corresponde en suministrar un ancho de banda (tasa de bits) a un abonado que posee un equipo terminal fijo, independiente de los medios de transmisión utilizados, mediante velocidades de transmisión de bajada (de proveedor a abonado) iguales o superior a 256 kbps [19].

Por este hecho, los servicios más usados en nuestro país de banda Ancha fija son ADSL (xDSL en general), WiMAX (IEEE 802.16 d) y cable modem (CATV, triple/double play).

La banda ancha fija es la proporcionada por los concesionarios del Servicio Portador de Telecomunicaciones, Telefonía Fija u otros; para posteriormente distribuirlos a los permisionarios de valor agregado de Internet [19].

Al momento de hacer un contrato de un servicio de banda ancha fija, es importante conocer la compartición del canal, que como dice su nombre, es compartir el enlace con otras conexiones; por ejemplo, lo más común actualmente es tener un nivel de compartición de 8:1, es decir, si un usuario ha contratado una conexión de banda ancha fija con una velocidad de 1024 kbps y con un nivel de compartición de 8:1, entonces compartirá ese enlace con 7 conexiones más, y su velocidad dependerá del nivel de uso de las demás conexiones. También es posible contratar un servicio de banda ancha fija sin compartición, es decir 1:1 [19].

Existen varios niveles de compartición según la capacidad del permisionario de valor agregado de internet, así como también según las necesidades del usuario; los niveles de compartición más comunes son: 1:1, 2:1, 4:1, 8:1, 12:1, 16:1.

Los servicios de ADSL y cable modem (CATV) son usados en áreas urbanas debido a la disponibilidad de la red de cobre, mientras que WiMAX (IEEE 802.16d) puede ser usado en áreas urbanas y rurales también, donde no existe una red de cobre, ya que este usa una tecnología basada en microondas; las tres tecnologías brindan los servicios de voz y datos [19].

Lamentablemente pocos ISPs y operadoras ofrecen un servicio completo de banda ancha en estos paquetes llamados Triple Play, con una falencia muy importante, el costo.

Para que la población ecuatoriana reciba un impacto positivo ha sido necesario trabajar en el acceso a dichas herramientas. Según el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (Mintel), en Ecuador en 2006 el número de usuarios de internet con banda ancha fue de 207.277 y en 2013 la cantidad de abonados aumentó a 4'859.996 [24].

Las cifras son resultados del Plan Nacional de Banda Ancha cuyo objetivo fue masificar, universalizar y democratizar la tecnología y así disminuir la brecha digital. En el Ecuador la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) cuenta con la Red de Fibra Óptica instalada más grande del país, con más de 12.410 km de fibra desplegada en el país, lo que permite la conexión de 23 provincias del territorio continental [25].

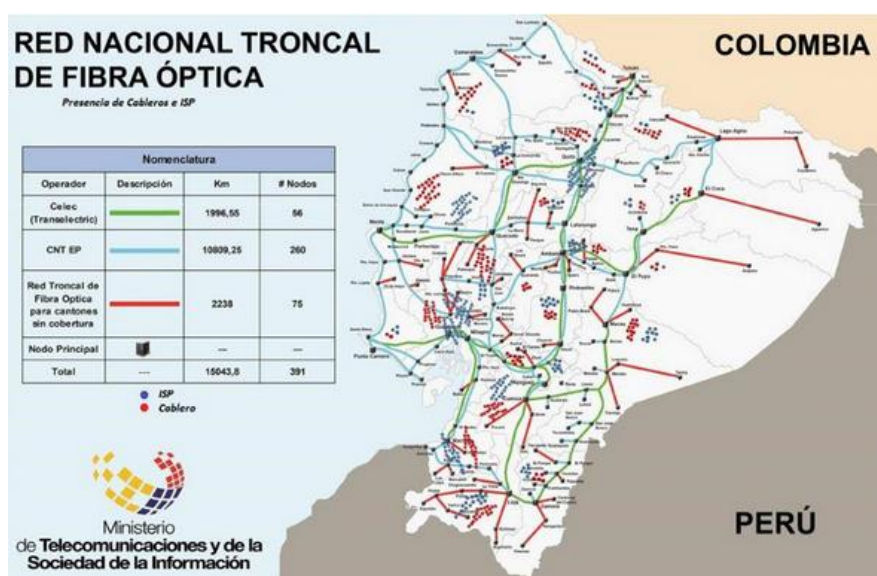


Figura. 37. Red Nacional Troncal de Fibra Óptica.

Fuente: [25].

### 4.5.3. Redes de acceso de banda ancha

A continuación, se presentan las tecnologías de redes de acceso que han sido consideradas de “Banda Ancha”, estas tienen dos características fundamentales, las que poseen una elevada implantación y éxito comercial incluyendo tanto las que actualmente se emplean para ofrecer servicios comerciales, como aquellas otras que, aún con un nivel de madurez insuficiente, pueden constituir la base para las futuras redes de acceso [26].

Concretamente, se han seleccionado las siguientes tecnologías, agrupadas en función del soporte físico que emplean [27]:

### **Tecnologías sobre Cable:**

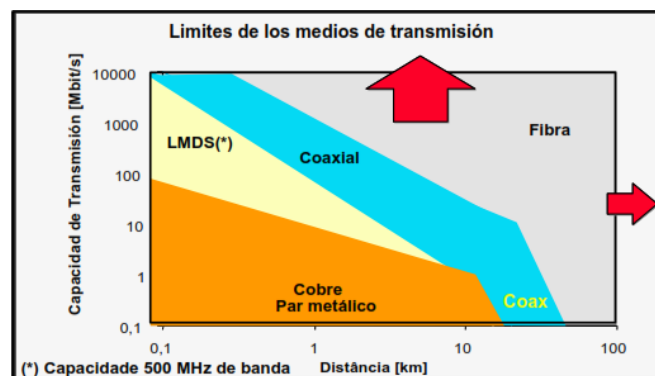
- Bucle digital de abonado (xDSL)
- Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
- Fibra óptica (FTTx)
- Comunicaciones por línea eléctrica (PLC)
- Ethernet en la primera milla (EFM)

### **Tecnologías Inalámbricas:**

- Bucle inalámbrico (LMDS)
- Redes de acceso por satélite
- Redes locales inalámbricas (WLAN)
- Comunicaciones móviles de tercera generación (UMTS)
- Comunicaciones móviles de cuarta generación (LTE)
- Televisión digital terrestre (TDT)

De ellas podemos diferenciar entre las tecnologías que reutilizan las infraestructuras existentes, como xDSL y en menor medida satélite, frente a las tecnologías que deben realizar un equipamiento nuevo de red para la provisión del servicio como HFC y LMDS y en menor medida WLAN. Las causas del éxito de una tecnología son diferentes en función del lugar donde se desarrolla cada tecnología, de los operadores, de las infraestructuras, del apoyo institucional, de la demanda de los usuarios, etc [27].

La Figura. 38 compara los límites de los medios de transmisión de acuerdo al medio físico.



**Figura. 38.** Límites de los medios de transmisión.

Fuente: [28]

La tabla 27, muestra algunas características, ventajas y desventajas de las distintas tecnologías.

Tipo de Servicio	Como Funciona	Ventajas	Desventajas	Velocidades
<b>Satélite Acceso Inalámbrico Fijo Tecnología de Fidelidad Inalámbrica (WiFi)</b>	Enlaces de radio transmiten los datos de un satélite o una antena al usuario	Generalmente está ofrecido como otra opción en áreas rurales que no tienen acceso a cable ni DSL. Además, se ofrece WiFi en varias áreas llamadas "hot spot" (áreas de acceso)- principalmente en áreas urbanas. Varias velocidades de cargas, típicamente más rápido que cable o DSL.	Velocidades más lentas de contracorriente. Objetos en la tierra y las señales de radio pueden interferir.	WiFi varía entre 1 Mbps a 11 Mbps con los rangos de satélite entre 500 Kbps a 2 Mbps, dependiendo de la interferencia y la proximidad al transmisor.
<b>Cable</b>	Con un módem de cable, la misma conexión de cable que se usa para la televisión, también pueden transmitir los datos de Internet.	Alta capacidad. Usa el cableado existente que transmite la televisión. Permite el uso del teléfono para llamadas de voz mientras esté conectado al internet.	El uso ampliado en la cadena puede demorar el servicio.	Velocidad de descarga: 550 Kbps a 4 Mbps. Velocidades de carga: 128 Kbps.
<b>Línea Digital de Suscriptor (DSL)</b>	Usando un módem de DSL, los datos de internet están transmitidos por líneas de teléfono especialmente conocidas.	Usa el cableado de teléfono existente. Permite el uso del teléfono para llamadas de voz mientras esté conectado al internet.	Capacidad para usar estos servicios y/o la velocidad de conexión depende de la distancia de la oficina central de la compañía.	Velocidades de descarga -300 Kbps 3- Mbps. Velocidades de casi 6 Mbps están disponibles en algunas áreas.
<b>Banda ancha por líneas eléctricas (BPL)</b>	Usando un convertidor que conecta a los tomacorrientes eléctricos de un edificio para la transmisión de datos tras los cables de alta tensión de una utilidad eléctrica.	Usa el cableado eléctrico existente de un edificio. Permite el uso del teléfono por llamadas de voz mientras esté conectado al internet.	Se está introduciendo nueva tecnología. Actualmente no se consigue con facilidad en Indiana.	No todavía definido, pero típicamente entre 500 Kbps - 4Mbps.

Tabla 27. Comparación entre diferentes Tecnologías

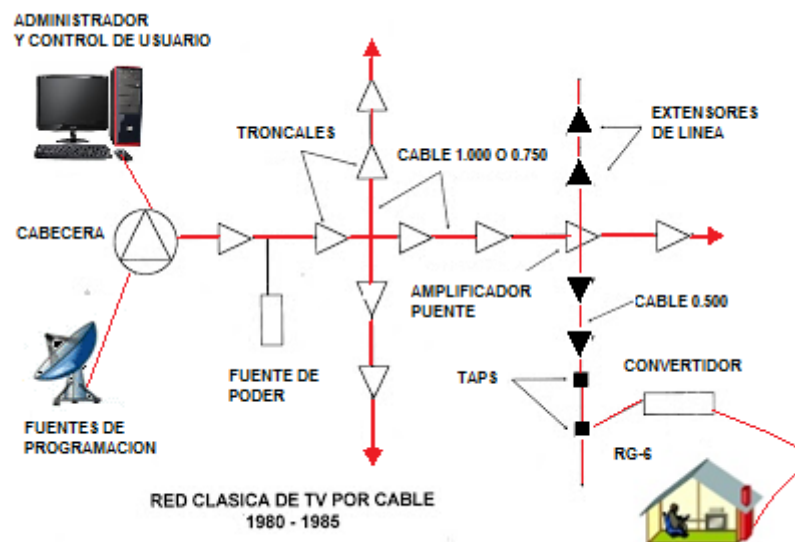
Fuente: [29].

#### 4.5.4. Evolución de las redes de CATV.

Las redes de banda ancha tuvieron su origen en las primeras redes utilizadas para transmitir por cable coaxial, a los suscriptores, varios canales de TV. En éste tipo de red, la suma de los canales de TV, originada en la cabecera, se envía a la zona de cobertura a través de una red compleja de cable coaxial. La atenuación natural de cable coaxial, hace necesaria la presencia de amplificadores electrónicos de radio frecuencia (RF) cada 200 ó 300 metros para mantener el nivel de la señal. El ruido y la distorsión se suman logarítmicamente y originan el deterioro progresivo de la calidad de la señal [30].

La arquitectura de esta red se llama árbol y ramas y se muestra en la figura 39. La red árbol y ramas presenta serias dificultades para lograr una operación totalmente confiable. Cada amplificador es un punto de falla común, y es normal encontrar cascadas de hasta 30 amplificadores. Con estas limitaciones, no es posible lograr buenos índices de funcionamiento [30]:

- Portadora / Ruido (C/N): 40 dB
- Triple Batido Compuesto (CTB): 40 dB
- Batido Compuesto de Segundo Orden (CSO): 40 dB



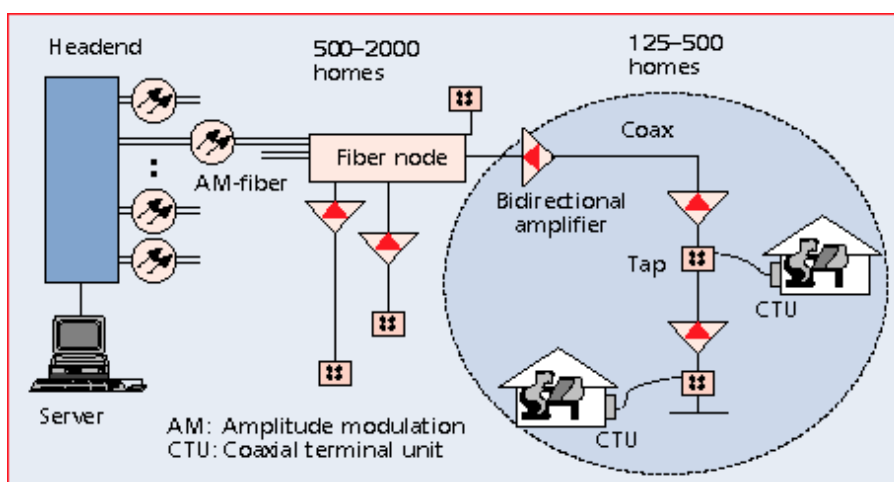
*Figura. 39. Red Clásica de TV por Cable.*

*Fuente: [30].*

Estos diseños no permiten aumentar el número de canales ni ofrecer otro tipo de servicios. Por las razones anteriores, a partir de 1990 se cambió la arquitectura de la

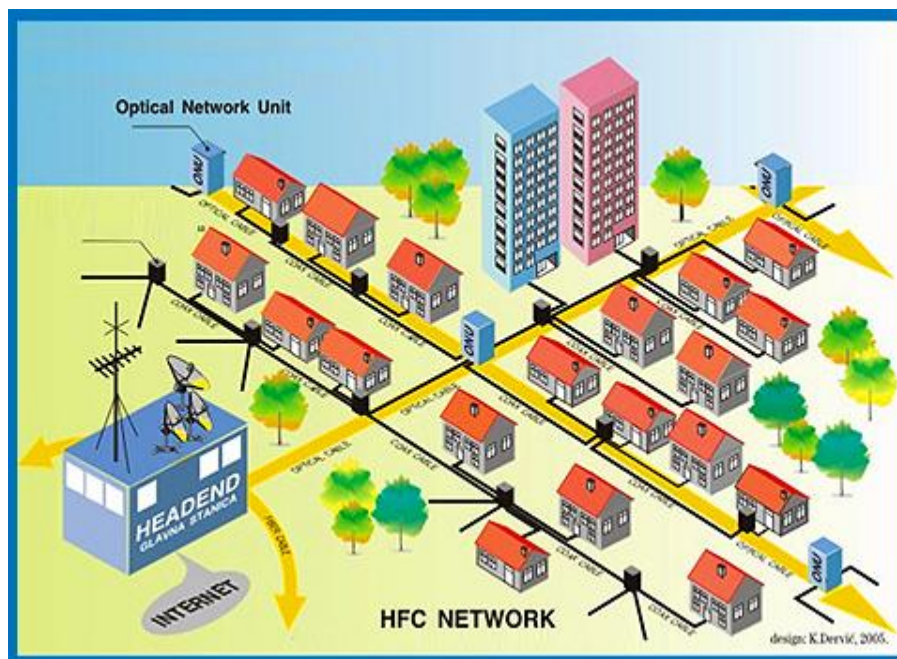


red árbol y ramas por la red híbrida de fibra y coaxial. El principio es simple: con la ayuda de la fibra óptica, se divide el sistema en nodos de 500 a 2000 usuarios. La señal llega al nodo por la fibra en forma óptica. En el nodo se hace la conversión a RF y se inicia una "pequeña" red coaxial árbol y ramas de 500 a 2000 casas pasadas, con amplificadores de doble vía de excelente rendimiento y de cascadas no mayores a 4 amplificadores. La vía de retorno utiliza otra fibra para llevar la información interactiva a la cabecera. La figura 40 y 41 muestra un esquema de la red HFC: híbrida de fibra y coaxial [30].



**Figura. 40.** Esquema de Red HFC.

Fuente: [30].



**Figura. 41.** Red híbrida fibra-coaxial (HFC).

Fuente: [30].

La red anterior está compuesta por 3 elementos: la planta óptica, la planta coaxial, la acometida al usuario. La parte óptica incluye todos los métodos para transmitir señal sobre la fibra óptica y los dispositivos asociados. Hasta ahora, se emplean equipos láser de 1310nm, externamente modulados. Para distancias largas se emplean equipos láser de 1550nm. Todo el cable de fibra es del tipo monomodo [30].

La parte coaxial está conformada por los amplificadores, el cable y los pasivos comunes a la red árbol y ramas.

El sistema de alimentación eléctrica, suministra la potencia para la operación de los equipos. Antiguamente se operaba con fuentes de alimentación de 60 VAC.

Cada día gana más aceptación la alimentación con fuentes de 90 VAC por la reducción de pérdidas de potencia en el cable coaxial que se logra.

Las ventajas de la red HFC son notables [30]:

- Dado que la red está dividida en múltiples redes pequeñas de 500 a 2000 casas pasadas, la confiabilidad y disponibilidad de la misma son mejores.
- Por la misma razón anterior es más sencillo organizar un esquema de mantenimiento eficiente.
- El ancho de banda por usuario aumenta considerablemente. Así es posible implementar otros servicios diferentes a la TV.
- Los índices de funcionamiento que se puede lograr, de manera conservadora, con el equipo electrónico existente, hasta ahora son:
  - C/N: entre 47 y 49 dB
  - CTB: entre 51 y 53 dB
  - CSO: entre 51 y 53 dB

A la red HFC se le llama, también, red de banda ancha. Es una “autopista” de información que permite transportar vídeo, voz y datos entre la central y la casa del usuario.

#### **4.5.4.1. Red de cable**

Las redes CATV actuales suelen transportar la señal mediante fibra óptica, para cubrir distancias relativamente largas, y coaxial, para la distribución en las proximidades. Se trata de una red híbrida de fibra y coaxial, habitualmente referida como HFC (Hybrid Fiber/Coax) [31].

El uso de fibra óptica en la troncal de las redes de cable ha permitido, gracias a su capacidad de transmisión, la incorporación de servicios interactivos. Estos servicios, en particular, telefonía, datos e Internet, y vídeo a la carta (VOD, Video On Demand), requieren que la red permita la comunicación en ambos sentidos [31].

Sin embargo, no se puede continuar sin antes mencionar a la Fibra Óptica y Cable Coaxial.

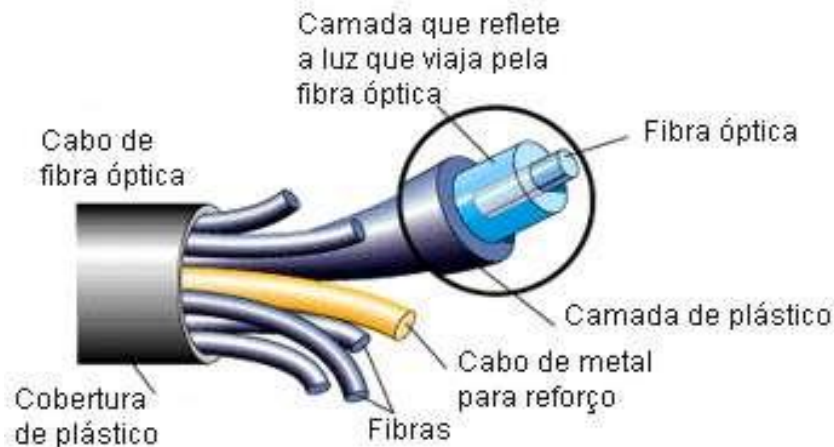
#### **4.5.4.2. Fibra Óptica**

Este cable está constituido por uno o más hilos de fibra de vidrio, cada fibra de vidrio consta de [32]:

- Un núcleo central de fibra con un bajo índice de refracción.
- Una cubierta que rodea al núcleo, de material similar, con un índice de refracción ligeramente mayor.
- Una envoltura que aísla las fibras y evita que se produzcan interferencias entre fibras adyacentes, a la vez que proporciona protección al núcleo.
- Cada una de ellas está rodeada por un revestimiento y reforzada para proteger a la fibra.

La luz producida por diodos o por láser, viaja a través del núcleo debido a la reflexión que se produce en la cubierta, y es convertida en señal eléctrica en el extremo receptor. La fibra óptica es un medio excelente para la transmisión de información debido a sus excelentes características: gran ancho de banda, baja atenuación de la señal, integridad, inmunidad a interferencias electromagnéticas, alta seguridad y larga duración. Su mayor desventaja es su coste de producción superior al resto de los tipos de cable, debido a necesitarse el empleo de vidrio de alta calidad y la fragilidad de su manejo en producción. La terminación de los cables de fibra óptica requiere un tratamiento especial que ocasiona un aumento de los costes de instalación [33].

En la Figura. 42 se puede observar las partes de un cable de fibra Óptica.



**Figura. 42.** Cable de Fibra Óptica.

Fuente: [34].

### ➤ **Ventajas**

*Capacidad de transmisión:* La idea de que la velocidad de transmisión depende principalmente del medio utilizado, se conservó hasta el advenimiento de las fibras ópticas, ya que ellas pueden transmitir a velocidades mucho más altas de lo que los emisores y transmisores actuales lo permiten, por lo tanto, son estos dos elementos los que limitan la velocidad de transmisión [32]:

- Mayor capacidad debido al ancho de banda mayor disponible en frecuencias ópticas.
- Inmunidad a transmisiones cruzadas entre cables, causadas por inducción magnética.
- Inmunidad a interferencia estática debida a las fuentes de ruido.
- Resistencia a extremos ambientales. Son menos afectadas por líquidos corrosivos, gases y variaciones de temperatura.
- La seguridad en cuanto a instalación y mantenimiento. Las fibras de vidrio y los plásticos no son conductores de electricidad, se pueden usar cerca de líquidos y gases volátiles.

### **Un atractivo medio para sus comunicaciones**

En el último kilómetro es donde se presenta con mayor frecuencia problemas y daños en las comunicaciones de los clientes, pensando en esto las empresas crean proyectos

de digitalización de la red de abonado en fibra óptica. La fibra es el soporte ideal por todas las ventajas que brinda, tales como [35]:

- Supresión de ruidos en las transmisiones.
- Red redundante.
- Conexión directa desde centrales hasta su empresa.
- Alta confiabilidad y privacidad en sus comunicaciones telefónicas.
- Posibilidad de daño casi nula.
- Tiempos de respuesta mínimos en la reparación de daños.
- Mayor número y rapidez en la solicitud y entrega de nuevos servicios.
- Gran ancho de banda

También la fibra óptica es una plataforma para la prestación de otros servicios, como [35]:

1. Transmisión de datos de Alta Velocidad
2. Enlaces E1 (2Mbps) para conexión de PABX

La posibilidad en el futuro de conexión de nuevos servicios como multimedia o sistemas de televisión por cable.

### ➤ **Desventajas**

A pesar de las ventajas antes enumeradas, la fibra óptica presenta una serie de desventajas frente a otros medios de transmisión, siendo las más relevantes las siguientes [32]:

- La alta fragilidad de las fibras.
- Necesidad de usar transmisores y receptores más caros
- Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
- No puede transmitir electricidad para alimentar repetidores intermedios
- La necesidad de efectuar, en muchos casos, procesos de conversión eléctrica/óptica
- La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas.
- No existen memorias ópticas

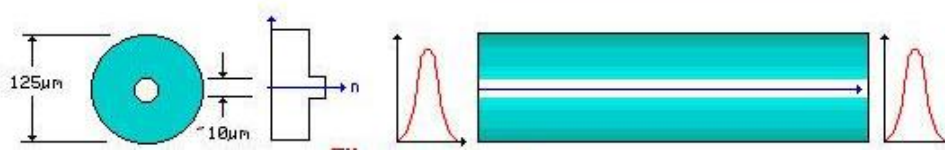
#### 4.5.4.3. Tipos de Fibra

##### **Fibra monomodo**

Esta fibra óptica es la de menor diámetro y solamente permite viajar al rayo óptico central como se muestra en la Figura. 43, es más difícil de construir y manipular, es por ello que es más costosa, pero permite distancias de transmisión mayores razón por la cual es apta para una red troncal [32].

La fibra óptica ha venido a revolucionar la comunicación de datos ya que tiene las siguientes ventajas [32]:

- Gran ancho de banda
- Muy pequeña y ligera
- Muy baja atenuación
- Inmunidad al ruido electromagnético.

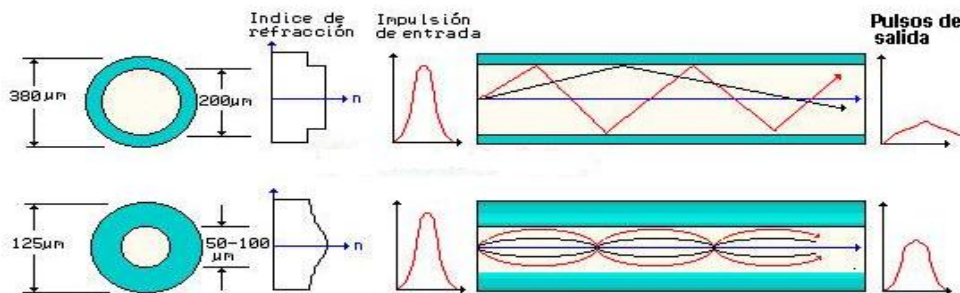


**Figura. 43.** Transmisión en Fibra monomodo.

Fuente: [36].

Para transmitir señales por fibra óptica se utiliza modulación de amplitud sobre un rayo óptico, la ausencia de señal indica un cero y la presencia un uno. La transmisión de fibra óptica es unidireccional. Actualmente se utilizan velocidades de transmisión de 50,100 y 200 Mbps, pero experimentalmente se han transmitido hasta Gbps sobre una distancia de 110 Km [32].

##### **Fibra multimodo**



**Figura. 44.** Transmisión en Fibra multimodo.

Fuente: [36].

En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos reflejándose a diferentes ángulos como se muestra en la Figura. 44.

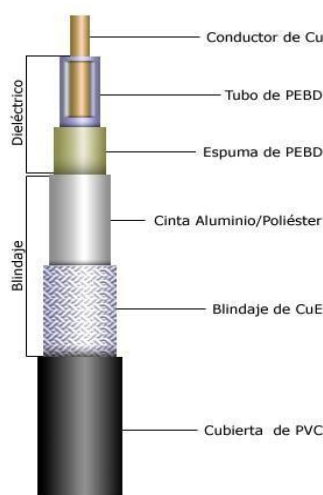
Los diferentes rayos ópticos recorren diferentes distancias y se desfasan al viajar dentro de la fibra. Por esta razón, la distancia a la que se puede transmitir está limitada [32].

#### 4.5.4.4. Cable Coaxial

Un par coaxial está constituido de dos conductores cilíndricos y concéntricos, aislados entre sí por un dieléctrico. Este dieléctrico puede ser con anillos separadores o relleno, manteniendo siempre la concetricidad perfecta entre el conductor interno y el conductor externo del par coaxial. Ver Figura. 45. [37].

Están diseñados para transmisión de señales con baja pérdida de potencia, gran ancho de banda y aseguran [37]:

- La larga vida de servicio y buena estabilidad de envejecimiento.
- Temperatura de trabajo continuo de: PE:  $-40^{\circ}\text{C} + 75^{\circ}\text{C}$ .
- Alta resistencia a la abrasión de la cubierta y a la permanente acción de los agentes químicos.
- Alta flexibilidad.
- Baja atenuación.
- Mínima desviación de la impedancia característica y buena homogeneidad.
- Utilización de conectores estándar.



**Figura. 45.** Estructura de un Cable Coaxial.

Fuente: [38].

#### 4.5.4.5. La señal CATV.

Los sistemas de CATV en la actualidad son capaces de transmitir a través de un mismo canal, cable coaxial o fibra óptica, un gran número de canales modulados en RF cuya distribución de frecuencias es mostrado en la figura 46 [39].

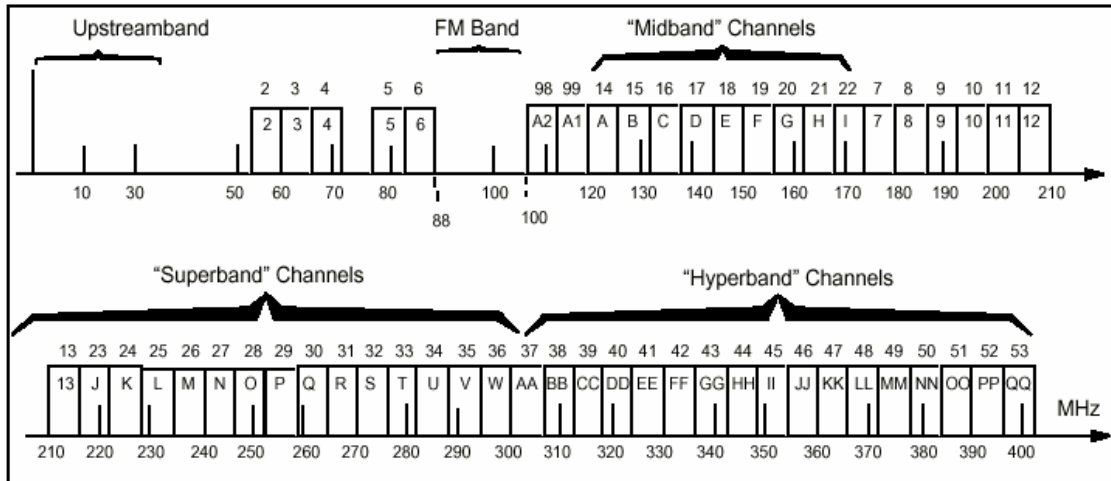


Figura. 46. Espectro de frecuencias para TV de broadcast.

Fuente: [39].

Donde cada uno de los cuadros representa la porción del espectro ocupada por un canal en especial, éste tiene a su disposición un espectro de 6 MHz para poder distribuir las componentes de audio y video, ver figura 47.

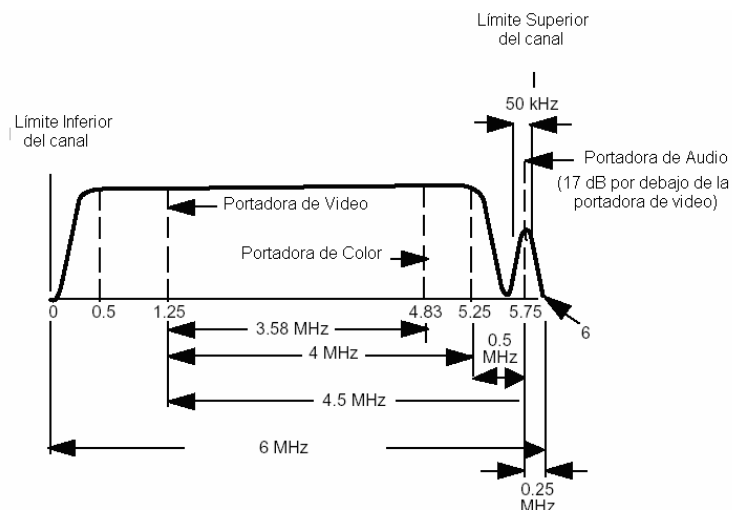


Figura. 47. Espectro de un canal de CATV.

Fuente: [39].



Las señales correspondientes a los canales de broadcast deben ser distribuidos en sus correspondientes sitios dentro del espectro, es decir los canales libres, receptados vía satelital, se deben modular en frecuencias diferentes a las de los canales de broadcast.

#### **4.6. Redes HFC (Hybrid Fiber Coaxial).**

Las redes HFC son aquellas que incorporan tanto fibra óptica como cable coaxial para crear una red de banda ancha. Esta tecnología comienza a implementarse a través de operadores de Televisión por Cable, que además de brindar éste servicio transportan por el mismo medio la señal de Internet de banda ancha (datos) y el servicio de voz, esta convergencia de servicios permite la aparición de una nueva oferta comercial en el mercado como es el servicio TRIPLE PLAY [40].

A finales de los años 80 empezaron a funcionar las redes CATV con la arquitectura denominada HFC, como mejora de las redes que sólo funcionaban con cable coaxial, con esta nueva arquitectura se buscaba resolver los problemas de gestión y mantenimiento que generaban las redes CATV. Para las redes HFC se tienen dos niveles jerárquicos [40]:

**El principal.** - Formado por un tendido de fibra que distribuye la señal desde el centro emisor (cabecera) hasta cada zona de la ciudad. Las partes troncales de la red, donde hay largas distancias de cable con pocas ramificaciones, están formadas con fibra óptica.

**El secundario.** - En cada zona de la ciudad existe un nodo que se encarga de convertir la señal óptica en eléctrica para su distribución final en cable coaxial a los abonados.

En la implantación de redes HFC se tiene como elemento importante la posibilidad de enviar una señal analógica en fibra sin necesidad de convertirla en una señal digital, así como la facilidad de la utilización de la red para el tráfico ascendente (upstream), esto permite las labores de monitoreo y servicios tales como el Triple Play. La señal de televisión utiliza el rango de frecuencias altas entre 50 -500 MHz para el sentido descendente de las señales analógicas de TV, 500-750/860 MHz para los servicios de televisión digital, internet y VoIP. Para el sentido ascendente se utilizan frecuencias entre 5 y 42 MHz, principalmente para el retorno de los datos provenientes de los clientes [40].

La fibra óptica proporciona la ventaja de cubrir distancias razonablemente largas con un mínimo de amplificación y regeneración de la señal. Sin embargo, debido a la

naturaleza de esta tecnología, el costo y tamaño de los multiplexores/demultiplexores ópticos, esta tecnología no se la utiliza para conectar los nodos directamente a los clientes, constituyendo el cable coaxial el más indicado para las conexiones de última milla [40].

#### 4.6.1. Características generales de las redes HFC

En la Tabla. 28 se muestran las características generales de una red HFC.

Banda de distribución de frecuencias	86 - 862 MHz
Banda de Radiodifusión sonora en FM	87.5 - 108 MHz
Banda reservada a TV digital	606 - 862 MHz
Banda de Retorno	5 - 55/65 MHz
Impedancia característica	75 $\Omega$
Unidades utilizadas	dB $\mu$ V [ 1dB $\mu$ V = 20 log V( $\mu$ V) dBmV [ 1dBmV = 20 log V(mV)
Cable coaxial	Según norma CENELEC EN50 117-1
Fibra Óptica	Tipo monomodo según recomendaciones UIT-T

Tabla 28. Características Generales de una red HFC.

Fuente: [41].

También presenta características como:

**Servicios integrados:** TV, VOD, datos y telefonía.

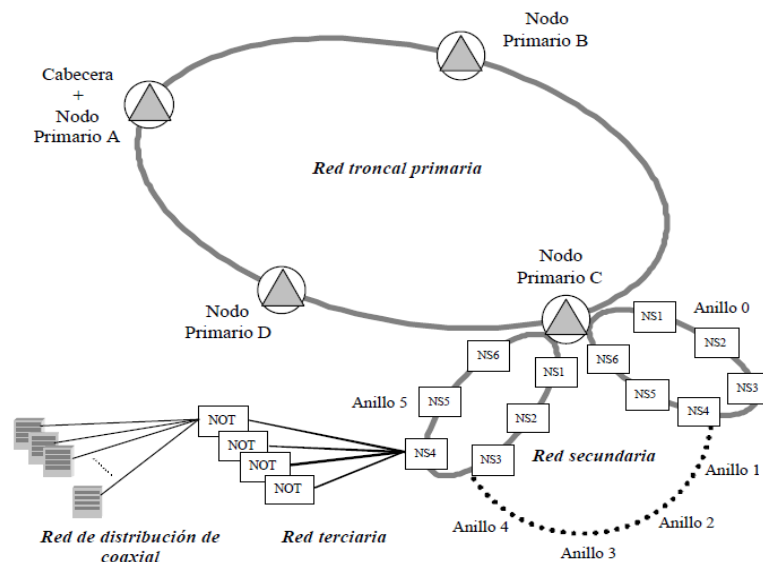
**Capacidad:** las redes suelen estar dimensionadas para dar servicio al 100% de los hogares y comercios. Sin embargo, teniendo en cuenta que no se alcanzará el 100%, quedarán conexiones libres para reforzar el servicio a comercios y oficinas.

**Redundancia:** trata de garantizar la fiabilidad en la transmisión de señales.

- Redundancia en la ruta de conexión: la red de fibra óptica dispone de fibras de respaldo, que posibilitan la provisión de servicio en el caso de que ocurra algún incidente en la infraestructura de la red principal.
- Redundancia en el equipamiento: todos los transmisores y receptores ópticos están duplicados. [42]

## 4.6.2. Topología de una red de cable

Se detallarán las diferentes redes en las que se subdivide una red típica de cable basada en tecnología HFC, así como los puntos singulares que la componen. La figura 48 muestra la topología de la red de una red de cable y sirve como punto de partida para describir cada uno de ellos. [31]

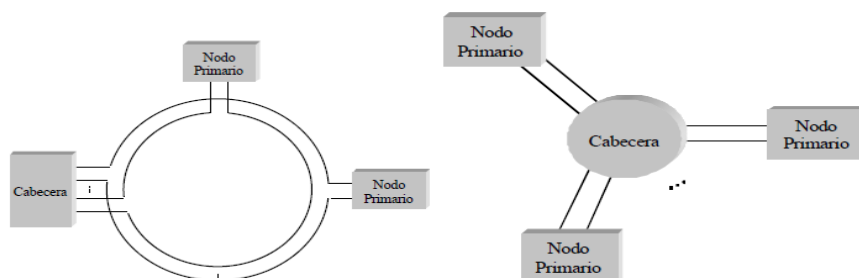


**Figura. 48.** Topología de una red de cable.

Fuente: [31].

### 4.6.2.1. Red troncal primaria

La red troncal primaria está constituida por un anillo geográfico con arquitectura de estrella, constituido por N fibras ópticas, aunque no todas las fibras están en uso, algunas se reservan para futuras ampliaciones, que comunican la cabecera (responsable del aprovisionamiento de los distintos servicios) con los nodos primarios, que distan de ella varios kilómetros. La figura 49 muestra esta distribución [31].



**Figura. 49.** a) Distribución física en anillo b) Arquitectura lógica en estrella.

Fuente: [31].

La configuración de anillo geográfico cerrado permite dar redundancia en ruta y fibras a toda la red, ya que si, por algún motivo, ocurriese un corte en el tránsito de las señales a través de la red, es posible dar servicio mediante el camino de respaldo. Por cada ruta se instala un transmisor óptico, de forma que habrá un transmisor para el camino directo y otro para el camino de respaldo. El respaldo es activo, lo cual significa que ambos transmisores están trabajando simultáneamente, y es en cada nodo primario donde se escoge una de las dos señales, en función de su calidad. Para el camino de retorno o ascendente, se tiene una configuración análoga, pero en este caso, se trata de receptores ópticos que reciben las señales desde los nodos terminales. Los receptores también están duplicados, garantizando el servicio por una de las dos rutas alternativas, en función de la calidad de la señal recibida por cada una de ellas. [31]

#### **4.6.2.2. Red secundaria o de distribución**

La red secundaria o de distribución conecta un nodo primario con varios nodos secundarios a través de anillos con arquitectura en estrella, constituidos por 128 fibras ópticas, aunque no se usan todas y algunas son reservadas para futuras ampliaciones formando lóbulos que cubren 12000 hogares aproximadamente, con redundancia en equipamientos y rutas.

Cada lóbulo interconecta 6 (a veces, 5) nodos secundarios (NS<sub>n</sub> en la figura 48), cada uno de ellos dando servicio a unos 2000 hogares.

El servicio de telefonía a veces no es proporcionado mediante la red HFC (telefonía integrada), sino que hace uso de una red paralela de tipo SDH (telefonía superpuesta). Cada uno de los lóbulos de la red secundaria tiene un lóbulo paralelo SDH que interconecta dos centros remotos. Cada lóbulo SDH da servicio de telefonía superpuesta a unos 12000 hogares, que se dividen en dos zonas de 6000, cada una de ellas cubierta por un centro remoto [43].

#### **4.6.2.3. Red terciaria o de dispersión**

La red terciaria o de dispersión se encarga de conectar cada nodo secundario con cada uno de los cuatro nodos ópticos terminales (NOT en la figura 46) que dependen de él. Cada nodo óptico terminal cubre un área de 500 hogares cada uno, aunque la tendencia es a reducir esta cifra con vistas a mejorar la calidad del servicio. La red de dispersión presenta una disposición en estrella sin redundancia en ruta, realizada con cable de 6 fibras ópticas monomodo, con la siguiente distribución [43]:

- 2 fibras para el camino descendente: 1 para el camino principal y 1 para el de respaldo.
- 2 fibras para el camino ascendente: 1 para el camino principal y 1 para el de respaldo.
- 2 fibras de reserva para posibles migraciones hacia una topología con nodos terminales de 125 hogares (en lugar de 500).

En el nodo secundario se realiza la interconexión física de las fibras provenientes del nodo primario (a través de la red secundaria) con las fibras que van hacia los nodos terminales (y que componen la red terciaria). La ubicación física de un nodo secundario suele coincidir con la de uno de los cuatro nodos terminales que dependen de él [31].

#### **4.6.2.4. Red de distribución de coaxial**

La red de distribución de coaxial es la encargada de distribuir las señales desde el nodo óptico terminal hasta cada punto de derivación en los edificios a los que da servicio. La distribución se realiza con estructura en árbol, de forma que cada nodo óptico terminal da lugar a 4 ramas de 125 hogares aproximadamente cada una. Los nodos ópticos terminales se ubican físicamente en armarios de intemperie [31].

En el nodo óptico terminal se realiza la conversión óptico-eléctrica de las señales transportadas en el sentido descendente. Una vez obtenida la señal en RF, se envía a los amplificadores que proporcionan señal a cada una de las cuatro ramas de coaxial que parten del nodo óptico. Cada rama de coaxial alimenta (si es necesario, mediante amplificadores) a una red de derivadores o taps, cuyas salidas están conectadas a las acometidas individuales de abonado, que se realizan sobre el edificio. La distribución de coaxiales se realiza en parte canalizada y en parte sobre fachada (con los pertinentes permisos de los propietarios).

La alimentación de los nodos ópticos terminales y de los amplificadores de la red de distribución de coaxial se realiza mediante fuentes de alimentación de 60 V, albergadas en armarios de intemperie que se emplazan junto a los de los nodos ópticos terminales. La alimentación se hace a través del mismo coaxial.

Para el camino de retorno se utiliza la misma infraestructura de red, equipando adecuadamente a los amplificadores. Las señales de retorno llegan a cada nodo óptico terminal a través de las 4 ramas de 125 hogares, donde son combinadas y enviadas hacia el nodo primario mediante un transmisor óptico [31].

#### **4.6.2.5. Red de acometida de abonado**

La red de acometida de abonado conecta la red de distribución de coaxial con el punto de terminación de red, es decir, está formada por aquellos segmentos de coaxial que parten desde el tap situados en el edificio y llegan hasta el domicilio del abonado. Existen dos arquitecturas [31]:

- Estrella: un mismo tap da servicio a todas las viviendas de las diferentes plantas de un edificio. A cada uno de ellas le llega un cable coaxial diferente.
- Árbol: se utiliza cuando existen muchas viviendas por planta. Se coloca un tap en cada planta, del que parten los coaxiales que dan servicio a los abonados de esa planta. En ocasiones, un mismo tap da servicio a más de una planta.

La red de acometida de abonado puede ser dividida en dos partes [31]:

- Precableado de edificio o verticales: se instalan con los pertinentes permisos de las comunidades de propietarios y su ubicación puede ser tanto por fachada exterior o por interior como por infraestructuras interiores ya existentes en el edificio. Para el caso de arquitectura en estrella, se instala un mazo de coaxiales con pares adosados, que por un lado están conectados al tap, y por otro, quedan adosados a la vertical hasta el momento de realizar la conexión. En el caso de arquitectura en árbol, la vertical es la que interconecta la red de taps. Cada derivador provee a una o más plantas, según las condiciones de cada edificio.
- Cableado de vivienda: se instala cuando se realiza el alta de abonado, mediante el cable correspondiente que estará situado en la vertical, en el caso de arquitectura en estrella, o mediante conexión directa al puerto del tap, en el caso de arquitectura en árbol.

#### **4.6.3. Puntos singulares de la red**

##### **4.6.3.1. Cabecera**

La cabecera de red (head-end) está equipada para la prestación del servicio de difusión de televisión. Se puede descomponer en cuatro grandes bloques: recepción y transmisión analógica, sistema de reserva, sistema de monitorización y sistema de transmisión óptica [31].

- Sistema de recepción y transmisión analógica
  - Antenas de recepción.
  - Equipos de recepción
  - Equipamiento en banda base
  - Etapas de codificación
  - Etapas de modulación y salida
- Sistema de recepción y transmisión analógica de reserva
  - Antenas de recepción
  - Equipos de recepción
  - Etapas de modulación
- Sistema de monitorización
- Sistema de transmisión óptica

### ***Sistema de recepción y transmisión analógica***

#### **1. Antenas de recepción.**

**Recepción de canales satélite.** Para la recepción de los canales satélite se instalan varias antenas parabólicas.

**Recepción de canales terrestres.** Para la recepción de cada uno de los canales terrestres se instala una antena profesional, cubriendo cadenas de difusión nacional y local.

#### **2. Equipos de recepción.**

**Receptores de TV satélite.** Los receptores de satélite incluyen un sistema de monitorización de la calidad de la señal recibida del satélite, haciendo una medida continua del nivel recibido y de la relación señal/ruido. Otra característica de los receptores de satélite es el modo tiempo compartido, que permite utilizar un simple receptor para conmutar entre dos o más canales, útil en el caso de que algunos programas no sean transmitidos 24 horas al día. Las señales de salida de los receptores, en banda base, pasan a la matriz de conmutación.

**Demoduladores de TV de canales terrestres.** Se encargan de la recepción de la señal de RF y su paso a banda base. Se instalan unidades de decodificación NICAM para los canales estéreo o modo duales. Las señales de salida de los demoduladores de TV de canales terrestres, en banda base, pasan a la matriz de conmutación.

### 3. Equipamiento en banda base.

**Matriz de conmutación.** Dispone de múltiples entradas y salidas, de forma que cualquiera de los canales conectados a sus entradas puede ser dirigido a cualquiera de las salidas. Las salidas de la matriz están conectadas a:

- A la entrada principal de cada modulador (principal/reserva) o codificador.
- Al monitor de vídeo y de sonido. Se puede seleccionar cualquiera de las entradas de vídeo y audio estéreo, para pasarlas en el monitor. Es posible ver un canal y escuchar otro distinto.
- Al grabador de vídeo, cuya salida está conectada a la matriz, de forma que es posible grabar un programa de audio/vídeo y luego reemitirlo.
- Al generador de caracteres, cuya salida está conectada a la matriz, permitiendo añadir texto o gráficos a una señal de vídeo.
- A la pantalla central del generador de canal mosaico, cuya salida está conectada a la matriz.
- A la entrada auxiliar de los moduladores. Esto permite que, cuando se produzca una degradación en la entrada principal del modulador, éste pueda conmutar a la entrada auxiliar, y seguir trabajando.
- Al equipo de medida de vídeo. Cualquiera de las señales de vídeo puede ser usada para medición.

**Generador de canal mosaico.** Genera un canal de TV en el que se presentan simultáneamente las señales de TV de que llegan a sus entradas, formando una cuadrícula o mosaico en la pantalla. La salida del generador vuelve a la matriz de conmutación.

**Generador de caracteres.** Permiten incluir texto y gráficos en una fuente de vídeo. La salida principal del generador vuelve a la matriz de conmutación para que siga la ruta adecuada hacia la etapa de modulación.

### 4. Etapa de codificación.

**Codificadores o scramblers.** Se instalan codificadores para los canales de pago. Se encargan de generar la información que se transmite a los set-top o terminales de abonado (que se ubican en el domicilio del mismo) para que puedan decodificar los canales que haya contratado el abonado. Las salidas de los scramblers están



moduladas (en RF) y por ello se dirigen directamente hacia los combinadores de la etapa de modulación y salida.

#### 5. Etapa de modulación y de salida.

**Moduladores.** Los moduladores están configurados de manera que cada salida está en la frecuencia solicitada, para que puedan ser combinadas todas ellas. Los moduladores pueden ser monitorizados y controlados remotamente. La salida de los moduladores se dirige hacia la etapa de combinación final.

**Combinadores.** Están conectados a la salida de los moduladores y scramblers, formando varias etapas. La salida final, en RF, se dirige hacia el amplificador.

**Amplificador.** Proporciona el nivel de señal necesario a la etapa de divisores (splitters) que alimentan a los transmisores ópticos, conectados a la red troncal primaria.

#### ***Sistema de monitorización***

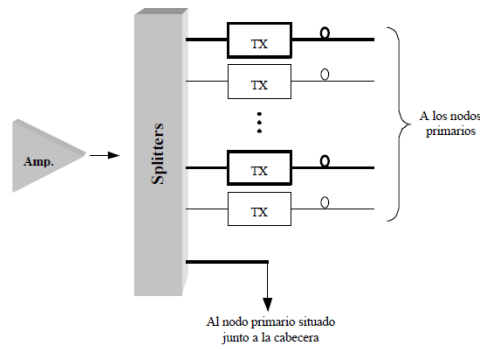
**Monitor de vídeo y audio.** Se instala un equipo monitor profesional de vídeo y audio para el control visual de los canales. Utilizando la matriz de conmutación, cualquier canal puede ser conmutado al monitor.

**Monitor de salida de RF.** Se instala una unidad de monitorización del nivel de RF en la salida de los combinadores, para medir la calidad de la señal.

#### ***Sistema de transmisión óptica del camino descendente***

**Splitters.** Se encargan de repartir la señal combinada RF de la cabecera, tras la etapa de amplificación, a los diferentes transmisores ópticos del camino descendente.

**Transmisores ópticos del camino descendente.** Para la transmisión de la señal en la red troncal primaria se instalan dos transmisores ópticos por cada nodo primario, uno para el camino directo, y otro para el camino de reserva. En la figura 50 se muestra esquemáticamente la disposición de los mismos. Nótese que los transmisores de reserva se han dibujado usando un trazo más fino. La batería de transmisores es alimentada por una batería de splitters de RF que dividen la señal combinada, obtenida a la salida del amplificador final del sistema de recepción y transmisión analógica. La salida de cada transmisor óptico se inyecta a una fibra óptica de la red troncal primaria, que enlaza con el nodo primario correspondiente. La excepción la constituye el nodo primario, que reside junto con la cabecera, el cual se alimenta directamente de la batería de splitters.



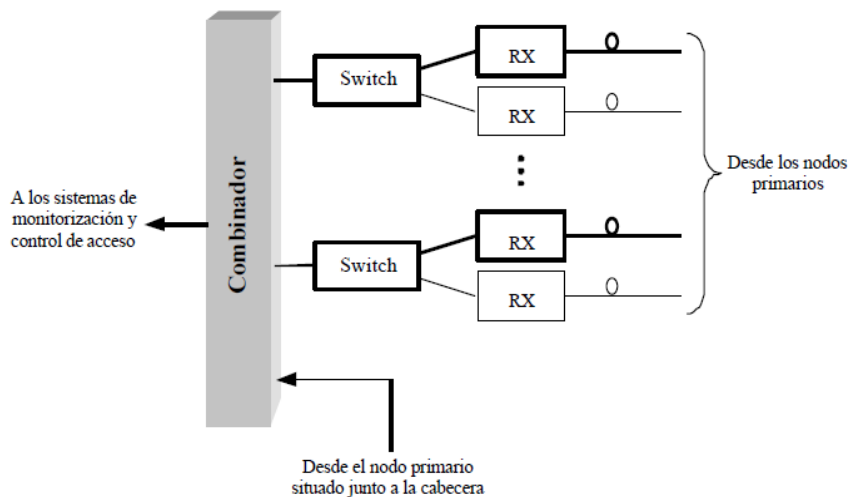
**Figura. 50.** Sistema de transmisión óptica de la cabecera.

Fuente: [31].

### Sistema de recepción óptica del camino ascendente

**Receptores ópticos del camino ascendente.** Para la recepción óptica de la red troncal primaria se instalan dos receptores ópticos por cada nodo primario, uno para el camino directo y otro para el de respaldo, tal como se muestra en la figura 51. Nótese que los equipos de respaldo han sido dibujados usando un trazo más fino. De nuevo, el nodo primario ubicado junto a la cabecera es la excepción, en el cual no son necesarios los receptores y la señal se toma directamente de la salida de los combinadores de RF del nodo primario [44].

**Combinador.** Unifica todas las señales recibidas, generando una única señal resultante, que es dirigida hacia los sistemas de monitorización y de control de acceso.



**Figura. 51.** Sistema de recepción óptica de la cabecera.

Fuente: [31].

#### 4.6.4. Cable Modem

Es un tipo especial de módem diseñado para modular la señal de datos sobre una infraestructura de televisión por cable.

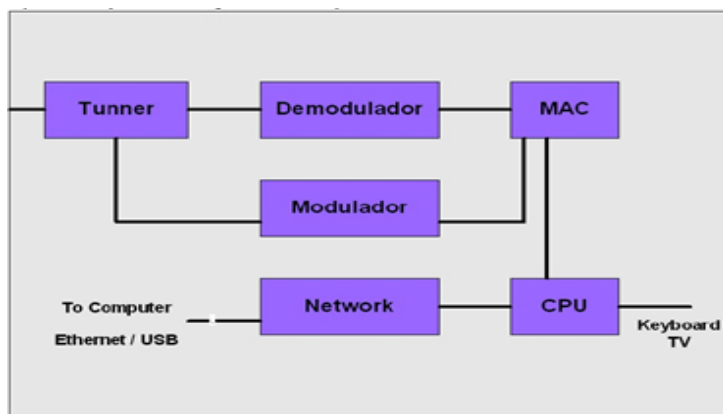
Básicamente es un módem por cable que cumple los estándares del sector en relación con la conectividad de datos de alta velocidad junto con un servicio de telefonía digital fiable, proporcionan prestaciones de cable modem router de datos y voz, de manera cableada (Ethernet) o inalámbrica, para conectar una variedad de dispositivos en el hogar o la oficina. Además, admiten un acceso de alta velocidad a servicios de datos y de voz altamente rentables. Los cablemódems se conectan a la red HFC mediante un conector de cable coaxial de tipo F, y al PC a través de una interfaz Ethernet 100BaseT. El PC debe disponer de una tarjeta de red. Se ofrecen: 10BaseT, 100baseT, Gigabit Ethernet, SDH, ATM, etc. [45].

Los módems funcionan como puertas de enlace, pasando de un protocolo Ethernet al protocolo particular de la red de cable. En cabecera se hará el proceso inverso, se convierte el protocolo del cable en algunos de los estándares seleccionados, también realiza ciertas funciones de control sobre el sistema.

Los sistemas de módems de cable no requieren una topología de red concreta, más bien que se cumplan ciertas normas de calidad en la comunicación de extremo a extremo [45].

##### 4.6.4.1. Estructura del Cable Modem

La estructura básica de un cable modem consta de sintonizador, demodulador, modulador y control de acceso al medio como se observa en la Figura 52.



**Figura. 52.** Estructura del Cable modem.

Fuente: [45].

**Sintonizador:** Este dispositivo se conecta a la salida del cable, en ocasiones se adiciona un "splitter" que separa el canal de datos del Internet de la programación CATV normal.

Recibe una señal digital modulada y la entrega al modulador, a veces cuenta con un "duplexor" que permite al sintonizador usar un conjunto de frecuencias para el downstream (42-850MHz) y otro para el upstream (5-42MHz) [45].

**Demodulador:** Es un equipo que separa las señales que recibe el receptor, en pocas palabras cuando llega una señal modulada generalmente en QPSK, es decir llega la portadora (la que contiene la información), la demodulación ocurre cuando te deshaces de la portadora y te quedas con la información [45].

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

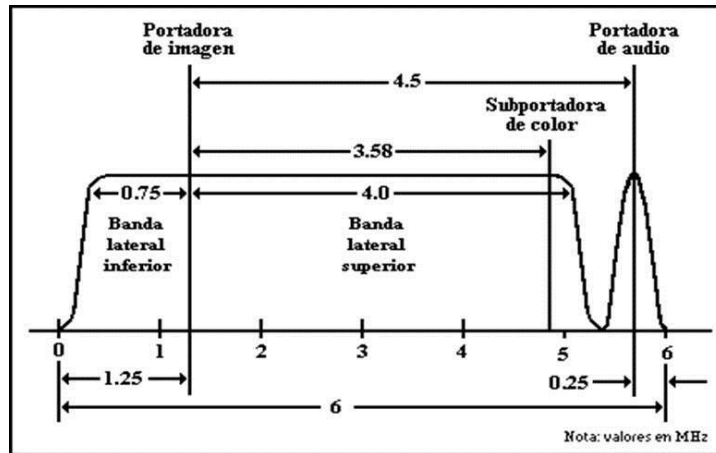
Tiene cuatro funciones [45]:

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

**Modulador:** Son los encargados de poner la portadora en una banda base de video y audio, combina señales de video y audio y las convierte en señales de radio frecuencia para ser distribuidas por un sistema de cable. La portadora de video se encuentra a 1.25 MHz arriba del límite inferior del canal de frecuencia. La señal de video (AM) tiene 4.75 MHz de ancho de banda efectivo; 0.75 MHz para la banda lateral inferior y 4 MHz para la banda lateral superior [45].

La señal de audio (FM) tiene un ancho de banda de 0.5 MHz en total, con una desviación máxima de +/- 25 KHz para una modulación del 100 %. En la transmisión de señales de TV a color, se tiene una subportadora de color ubicada a 3.58 MHz de la portadora de video. Esta subportadora se modula en amplitud y fase para codificar la información de color.

A continuación, en la Figura. 53. se presenta el espectro y ancho de banda de un canal de TV [45].



**Figura. 53.** Espectro y ancho de banda de un canal de televisión (video y audio).

Fuente: [45].

**Control de Acceso al Medio:** Todos los dispositivos de una red tienen un componente de acceso al medio, en el caso de los Cable Modems, estas tareas resultan complejas.

En la mayoría de los casos, algunas funciones MAC son asignadas a un microprocesador (del Cable Modem, o del usuario del sistema) [45].

### ➤ Clases de Modems

Implementan los niveles físicos y de control de acceso MAC, transparentando la comunicación de datos tipo red de área local.

Algunos módems implementan funciones de red y de transporte permiten construir distintos tipos de aplicaciones sobre ellos. Se clasifica según esto en tres clases [45]:

- Los que implementan el nivel físico y MAC de forma transparente, comportándose como simples puentes, dejando a elección del usuario el utilizar cualquier tipo de protocolo sobre ellos.
- Con funcionalidad de routing IP que transportan tráfico IP de forma transparente entre los usuarios y cabecera.
- Modems basados en ATM.

### 4.6.5. Estándares de la tecnología HFC

Gracias a la búsqueda de nuevos negocios de los operadores de Cable y Fabricantes de CATV en los 90's se creó CableLabs como un ente regulador y desarrollador dentro de este tipo de tecnología y en la actualidad existen diferentes estándares de

normalización asociados a los servicios de acceso de datos en las redes HFC. Estos servicios, son principalmente los de datos y acceso a Internet. Los mismos están basados en cable- módems, que son los equipos encargados de ser pasarela que permita convertir las redes de cable en redes transparentes para la transmisión de datos de alta velocidad. En la actualidad existen tres tipos de normalizaciones diferentes: DOCSIS, EuroDOCSIS y DVB-RCC [46].

#### 4.6.5.1. DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification).

El estándar DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification), desarrollado por el consorcio CableLabs, es quizá el más importante dentro del ámbito de las redes de cable. Prueba de ello es su aceptación como estándar por UIT, ETSI y SCTE (Society of Cable Telecommunications Engineers). Hasta la fecha, se han definido cuatro versiones de DOCSIS. En la Tabla. 29. se indican, de manera resumida, algunas de las principales características de cada versión [46].

Se trata de un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV). Es utilizado por muchos operadores de cable para proveer acceso a internet sobre sus infraestructuras HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial) [46].

Estándar	Prestaciones	Servicios y beneficios
<b>DOCSIS 1.0</b> <b>5 Mbit/s de subida</b>	Especificación estándar	Alta velocidad de datos Acceso a Internet
<b>DOCSIS 1.1</b> <b>10 Mbit/s de subida</b>	Calidad de Servicio Seguridad	Doble capacidad en retorno Bajo costo
<b>DOCSIS 2.0</b> <b>Advanced PHY</b> <b>30 Mbit/s de subida</b>	S-CDMA A-TDMA	Servicios simétricos Punto a punto Business to business (B2B)
<b>DOCSIS 3.0</b> <b>Cualquier capacidad (en ambos sentidos)</b>	Vinculación de canales QoS para multicast IPV6	Video sobre IP

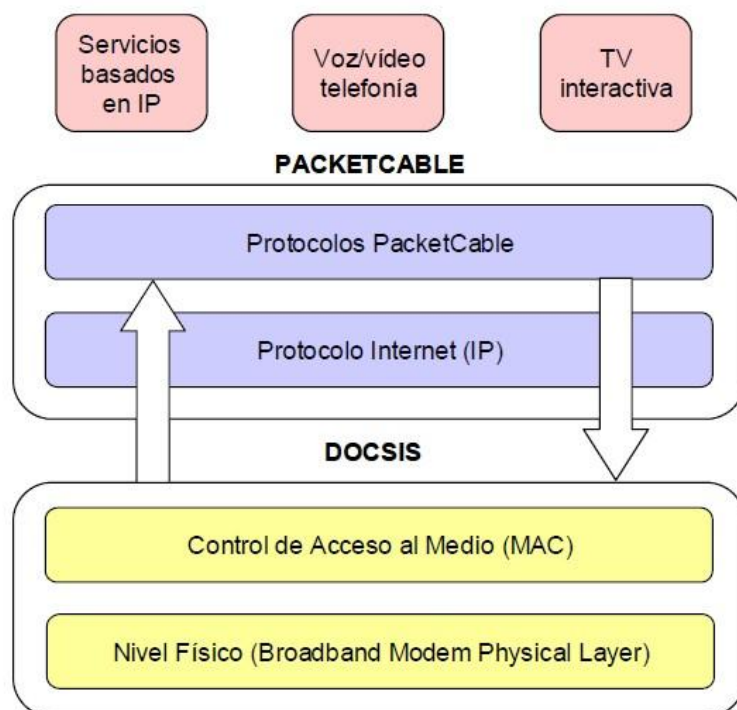
Tabla 29. Versiones DOCSIS

Fuente: [46].

Uno de los aspectos más importantes que introdujo la versión DOCSIS 1.1 es el soporte de servicios con garantías de QoS, para servicios sensibles al retardo. Este tipo de servicios se añade al servicio sin garantías (best effort), el único considerado en DOCSIS 1.0. [46].

La versión DOCSIS 2.0 introdujo una serie de novedades adicionales, incluyendo las que permiten el desarrollo de módems de bajo coste, el soporte de servicios simétricos, mayor inmunidad frente al ruido y servicios IP multicast. Esta versión define también dos nuevos métodos de modulación: S-CDMA (Synchronous Code Division Multiple Access) y A-TDMA (Advance frequency agile Time Division Multiple Access).

Otro de los aspectos más destacables del estándar DOCSIS 2.0 es la especificación de una arquitectura abierta, cuya estructura básica se ilustra en la Figura. 54. Por último, cabe señalar que el estándar DOCSIS 2.0 garantiza la compatibilidad con las versiones DOCSIS 1.0 y 1.1. [46].



**Figura. 54.** Arquitectura abierta de DOCSIS 2.0

Fuente: [46].

Entre las novedades que aporta DOCSIS 3.0 se pueden destacar: la vinculación de canales (que como se ha visto permite canales de ancho de banda “a medida”) soporte para IPv6, soporte para IP multicast y mejoras en la seguridad. La compatibilidad con las versiones anteriores también está garantizada [44].

A continuación, se muestra la Figura. 55, con la correspondencia de DOCSIS con el modelo OSI.

OSI	DOCSIS	
Capas Superiores	FTP, SMTP, HTTP, etc.	
Transporte	TCP / UDP	
Red	IP	
Enlace	IEEE 802.2	
Física	Upstream	Downstream
	TDMA (mini slots) 5-42 (65) MHz QPSK/16QAM	TDMA (MPEG) 42(65)-850 MHz 64/256-QAM
	HFC	

Figura. 55. Correspondencia de DOCSIS con el Modelo OSI.

Fuente: [46].

En las Figuras. 56. y 57. se puede apreciar algunas características de DOCSIS.

TASAS DE TRANSFERENCIA DE CANAL "DOWNSTREAM"				
Tipo de modulación	Ancho de banda del canal	Tasa de transferencia de símbolos (Msim/seg)	Tasa total de transferencia de datos	Tasa nominal de transferencia de datos
64-QAM	6 MHz	5.056941	30.34 Mbps	~27 Mbps
256-QAM	6 MHz	5.360537	42.88 Mbps	~38 Mbps

TASAS DE TRANSFERENCIA DE CANAL "UPSTREAM"					
Ancho de banda del canal	Tasa de transferencia de símbolos (sim/seg)	Tasa total de transferencia de datos en QPSK	Tasa nominal de transferencia de datos en QPSK	Tasa total de transferencia de datos en 16-QAM	Tasa nominal de transferencia de datos en 16-QAM
0.20 MHz	160	0.32 Mbps	~0.3 Mbps	0.64 Mbps	~0.6 Mbps
0.40 MHz	320	0.64 Mbps	~0.6 Mbps	1.28 Mbps	~1.2 Mbps
0.80 MHz	640	1.28 Mbps	~1.2 Mbps	2.56 Mbps	~2.3 Mbps
1.60 MHz	1280	2.56 Mbps	~2.3 Mbps	5.12 Mbps	~4.6 Mbps
3.20 MHz	2560	5.12 Mbps	~4.6 Mbps	10.24 Mbps	~9.0 Mbps

Figura. 56. Estándares de Transmisión definidos por DOCSIS.

Fuente: [46].

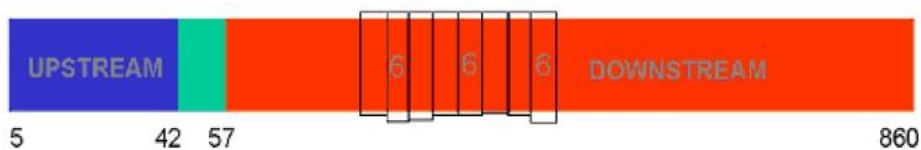


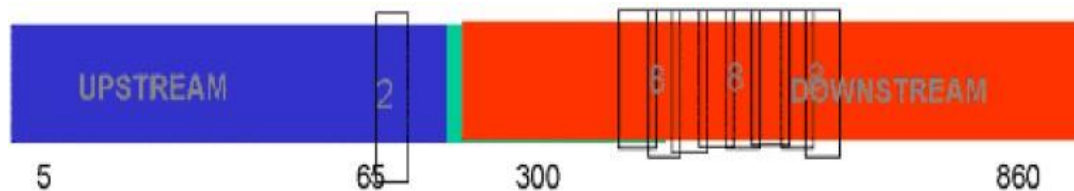
Figura. 57. Distribución de Frecuencias DOCSIS.

Fuente: [46].



#### 4.6.5.2. DVB-RCC (Return Channel Cable)

Fue definido para los STB's y extendido para facilitar a los cable-módems y Cabeceras (INA- Interactive Network Adapter) la compatibilidad con los Set-Top-Box DVB desplegados hasta ese momento (basados en el estándar DVB-C). Así este estándar es atractivo para el mercado europeo, ya que muchos de los operadores han desplegado activamente unidades basadas en DVB, con la consiguiente necesidad de adaptar sus redes a los nuevos servicios de datos. El estándar se ha definido para ser soporte de clases de servicio mejor esfuerzo y baja latencia. El estándar además complementa los servicios de TV, cumpliendo los estándares de TV europea. En la siguiente Figura. 58. se puede ver la distribución de frecuencias que presenta DVB-RCC [46].



*Figura. 58. Distribución de Frecuencias DVB-RCC.*

*Fuente: [46].*

#### 4.6.5.3. EuroDOCSIS.

El EuroDOCSIS es un estándar nacido como extensión de DOCSIS, con el objetivo de cumplir los estándares europeos de televisión, y adaptarse así a las exigencias de estos. Fue creado con el objeto de que los operadores europeos de cable pudieran explotar los altos volúmenes de productos DOCSIS, que se comercializan desde 1998.

Así los costes asociados a estos no se dispararían por problemas de compatibilidades y estandarización. Este estándar provee de servicios y rendimientos similares a los prestados por DVB-RCC, si bien el nivel de integración con los STB's es ligeramente inferior. Así la adaptación es debida a que los estándares de TV europeos contemplan un canal de retorno de entre 5-62 MHz, y unos canales con un ancho de banda de 8MHz. [46].

En la Tabla. 30. y Figura 59. se presentan las características de EuroDOCSIS

	DOCSIS		euroDOCSIS	
<b>Banda</b>	111 a 867 MHz (opcional hasta 999)		112 a 858 MHz	
<b>Canales</b>	6 MHz		7/8 MHz (8 MHz para datos)	
<b>Símbolo/s (Baudios)</b>	64 QAM	5.056941 M	6,952 M (tanto para 64 QAM como para 256 QAM)	
	256QAM	5.360537 M		
<b>Régimen binario (bit/s)</b>	64 QAM	30.341646 M	64 QAM	41.712 M
	256QAM	42.884296 M	256QAM	55.616 M
<b>Capacidad con vinculación de canales</b>	160 Mbit/s		160 Mbit/s	

Tabla 30. Canales descendentes en DOCSIS y EuroDOCSIS.

Fuente: [46].

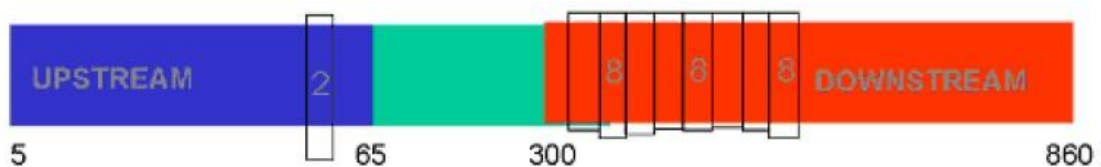


Figura. 59. Distribución de frecuencias euro DOCSIS.

Fuente: [46].

#### 4.6.5.4. OpenCable

Es un estándar definido por la Cable TV Industry, para permitir la interoperabilidad multivendedor entre el Set-Top-Box y cabeceras video, su objetivo es definir la especificación hardware y software de una plataforma común para el desarrollo de servicios interactivos (OpenCable Applications Platform, OCAP), salvando el problema de los sistemas operativos propietarios. Dentro de este proyecto participan noventa compañías diferentes, entre las que se encuentran ATT, Microsoft, Motorola, Philips y Siemens [46].

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **5.1. Diseño de la Red Híbrida Fibra Óptica - cable coaxial HFC.**

#### **5.1.1. Problema a solventar**

Por la constante evolución de las telecomunicaciones y la creciente demanda de servicios convergentes en el cantón Macara y al realizar el análisis de la red actual de la empresa "SUERCABLEFILS", se plantea que para poder ofrecer un paquete de servicios convergentes es necesaria una inevitable migración de la red de cobre convencional a una red híbrida HFC, la misma que proveerá el ancho de banda y el flujo bidireccional de datos necesarios capaz de manejar servicios integrados para ofertar a la ciudadanía el servicio de televisión, internet y telefonía en un solo paquete comercial *triple play* y de esta manera proyectar a la empresa a ser el principal proveedor de este tipo de servicios en la ciudad de Macará.

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

#### **5.2. Usuarios Potenciales**

Se proyecta el diseño de la red HFC en el casco urbano del cantón Macara, donde actualmente la empresa "SUERCABLEFILS" tiene tendida la red convencional de CATV.

El cantón Macará tiene una población aproximada de 19.000 habitantes y en el casco urbano que lo conforman las parroquias Eloy Alfaro y Macará está concentrado el 66.2% de la población lo que representa 12.578 habitantes, y alrededor de 3713 viviendas, SUPERCABLEFILS actualmente brinda su servicio a 500 usuarios, el objetivo es acaparar el 80 % de los hogares macareños estimando un potencial de 3000 clientes los cuales obtendrán los servicios *triple play* que en un futuro podrá ofrecer la empresa gracias a su red HFC.

### 5.3. Zona Geográfica.

En la división político administrativa del cantón Macará no se encuentra una delimitación entre las parroquias urbanas Macará y Eloy Alfaro de su área rural, razón por la cual no se puede determinar independientemente sus áreas, sin embargo, en conjunto las dos parroquias con una extensión territorial de 130 km<sup>2</sup> conforman el 64,17% de la extensión territorial a nivel cantonal, siendo las más extensas del cantón.



*Figura. 60. Zona geográfica del cantón Macará.*

*Fuente: [El Autor].*

Como se ilustra en la figura 60 la distancia total de norte a sur de la ciudad de Macará es de 2.61 Km.

### 5.4. Red Eléctrica del sector.

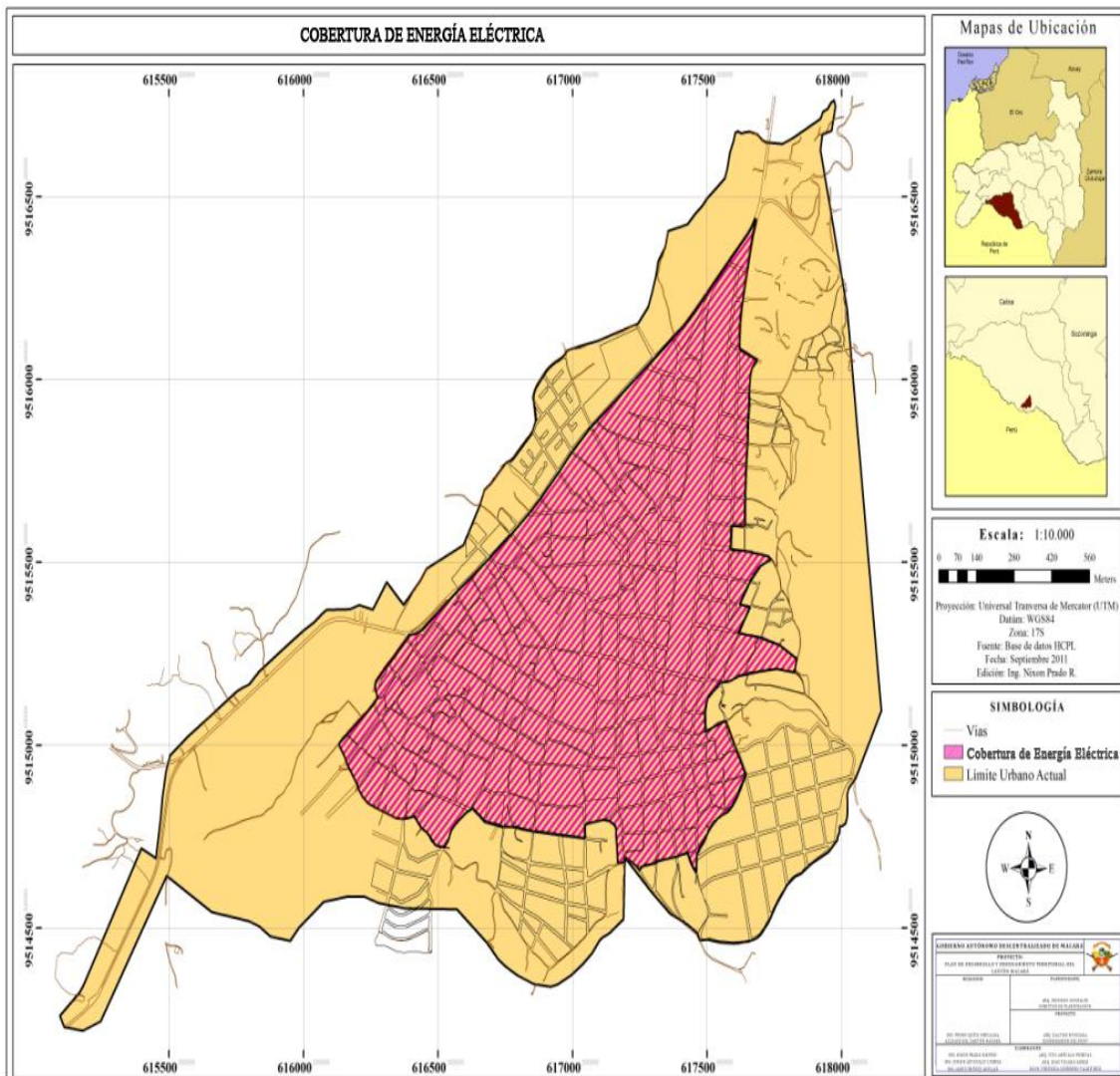
El servicio de alumbrado público de la ciudad se lo realiza mediante la implantación de postes de hormigón armado con una altura de 10 metros ubicados a una distancia promedio de 40 metros entre cada poste, a través de lámparas de vapor de mercurio (luz amarilla) de 70 W y 170 W, alimentados por transformadores que cubren una distancia radial de máximo 500 metros

La cobertura del servicio eléctrico representa la mayor parte del área urbana de la ciudad de Macará, su deficiencia se establece principalmente hacia los barrios urbano

marginales de la ciudad cuya principal dificultad a vencer es la distancia en la que se ubican los mismos. Según datos proporcionados por EERSA-Macará, el número de medidores instalados en el área urbana es de 3874 hasta octubre del 2013.

Con los datos brindados por el Censo de 2010 pudimos determinar que el 98,75% cuenta con procedencia de luz de la empresa eléctrica, esto es de mucha importancia ya que se puede concluir que la red eléctrica está tendida por toda la zona donde se efectúa nuestro diseño de la red HFC, en tal virtud se hará uso de este recurso para nuestro tendido de cable coaxial correspondiente a la red de distribución, previo a la obtención de los permisos de la Empresa Eléctrica Regional del sur EERSA.

La figura 61 nos muestra el área geográfica que cubre actualmente la Empresa Eléctrica en el cantón Macara.



**Figura. 61.** Cobertura de energía eléctrica en la ciudad de Macará

## 5.5. Servicios a brindar

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

- Televisión Digital
- Televisión de alta definición
- Internet
- Telefonía IP

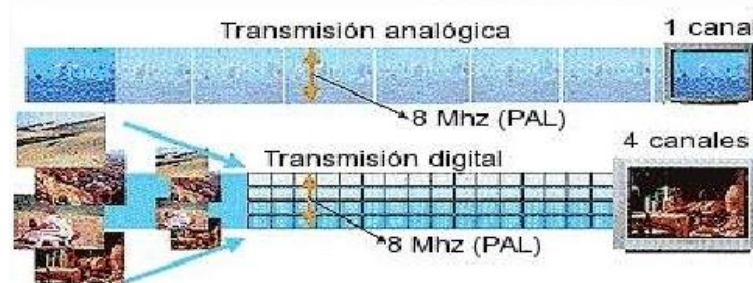
### 5.5.1. Distribución de TV Digital

Mientras que las antiguas redes de CATV sólo soportaban la distribución de televisión en formato analógico (PAL, NTSC), las redes HFC añaden nuevos servicios, como la distribución de televisión digital (MPEG-2/4); Este servicio suele usar un Set Top Box o Decodificador para adaptar las señales a los receptores de TV. Las redes HFC permiten servicios como [47]:

- PPV (Pago por Ver) donde se elige el contenido que se desea, previo el pago de una cuota
- Servicio de VoD (Video por Demanda)
- Servicio de Grabaciones de video digital (DVR).

La televisión digital estándar tiene una resolución de 640x480 o 720x480 pixeles con NTSC, 768x576 o 1024x576 con PAL en 4:3 y 16:9 de relación de aspecto respectivamente.

En la figura 62 se muestra una comparación de la distribución del ancho de banda en tv analógica y tv digital.



**Figura. 62.** Televisión Digital vs Televisión Analógica.

Fuente: [48].



### 5.5.2. Distribución de Televisión de alta definición

La televisión de alta definición, HDTV es un formato de televisión digital que mejora la calidad de la imagen transmitida. Su adopción constituiría una etapa en la evolución de la calidad de imagen comparable a lo que supuso el paso de la televisión en blanco y negro a la televisión en color. Como contrapartida, HDTV requiere mayor ancho de banda para su transmisión que las señales digitales convencionales [49].

El formato de televisión de alta definición permite la representación de más de siete mil millones de colores. La resolución que alcanzan las imágenes es de 1920x1080 píxeles, mucho mayor que la resolución estándar, lo que permite incluir más información o, lo que es lo mismo, una resolución cinco veces mayor. Además, el formato de la imagen es panorámico, con una relación 16:9 (es decir, 16 unidades de ancho por cada 9 unidades de alto en la imagen), a diferencia de la ratio tradicional 4:3. Para la correcta recepción de señales HDTV se necesita tener un receptor adecuado [49].

Para poder ver una calidad superior en cuanto a imagen se refiere, es necesario que tanto la señal como el televisor sean de alta definición.



*Figura. 63. Televisión de alta definición.*

*Fuente: [49].*

### 5.5.3. Distribución de los servicios de Internet

La recepción de Internet se realiza a través de cable módems, que son el interfaz que posibilita la transmisión y recepción de la información entre usuario y cabecera con velocidades del orden de Mbps. Esta velocidad de acceso a las redes posibilita servicios como los de videoconferencia, comercio electrónico, servicios Web (Multimedia) que implican la transmisión de voz, datos, imágenes, video digitalizado. A través del Internet también se pueden dar los servicios de IPTV, DTV [50].

Para que se pueda ofrecer el servicio de Internet a través de la red HFC es posible tomar uno de estos canales de 6 MHz de ancho de banda y compartirlo con un grupo de usuarios para el acceso a Internet, sin que se vea afectado ninguno de los otros canales.



**Figura. 64.** Servicios de Internet.

Fuente: [50].

#### **5.5.4. El servicio de telefonía IP o servicios de voz**

El servicio de voz puede ser integrado en las redes de cable debido a la direccionalidad, que provee el canal de retorno. Las comunicaciones de voz, debido a las características que presentan requieren comunicación a tiempo real, baja latencia y ancho de banda constante mientras dure la transmisión. Este servicio se obtiene mediante el uso del CMTS en la cabecera y el uso de cable módems como CPE [51].

Las redes HFC se adaptan a los servicios de voz con las mismas funcionalidades de las redes de conmutación de circuitos, pero la tendencia en todos los fabricantes es dar voz sobre IP (VoIP) usando especialmente el protocolo SIP, que permite implementar nuevos servicios con menor costo y evita la dependencia de un solo suministrador [51].

VoIP (Voice Over Internet Protocol), que significa "voz sobre un protocolo de internet". VoIP es un método por el cual tomando señales de audio analógicas de las que se escuchan cuando se habla por teléfono se las transforma en datos digitales, esto se denomina Comutación de Paquetes es decir los datos son encapsulados en paquetes basados en IP para ser distribuidos por la red de internet [51].



**Figura. 65.** Servicio de telefonía IP.

Fuente: [52].



## 5.6. Perspectiva general

Después del análisis realizado en el capítulo I, donde se detalló la infraestructura actual, equipos y red que la empresa SUPERCABLEFILS posee para brindar el servicio de Video por suscripción y aspirando a conformar un paquete *Triple Play* que pueda satisfacer las necesidades presentes de los usuarios se contempla dar una solución eficiente que propone algunas etapas a seguir.

Primeramente, se debe ejecutar el análisis socio económico, el mismo que determinara la inversión inicial y que tan factible es la solución, para tomar la decisión de modificar la red actual y obtener una pronta recuperación de la inversión.

El ofertar nuevos servicios como *triple play* implica que será necesario un canal de retorno desde el usuario a la cabecera y una mayor velocidad y capacidad de red, esto quiere decir es indispensable la migración a una red HFC, por lo tanto, se deben sustituir los amplificadores unidireccionales por bidireccionales, el cableado, un nuevo equipamiento para la cabecera, adquirir cable módems y teléfonos IP para los clientes, una nueva manera de configurar y administrar el sistema y el servicio por personal preparado, etc.

Esta migración viene acompañada con aspectos legales como concesiones, pago de derechos, permisos que la ARCOTEL proporciona y que no se debe dejar de lado.

### 5.6.1. Aspectos Importantes

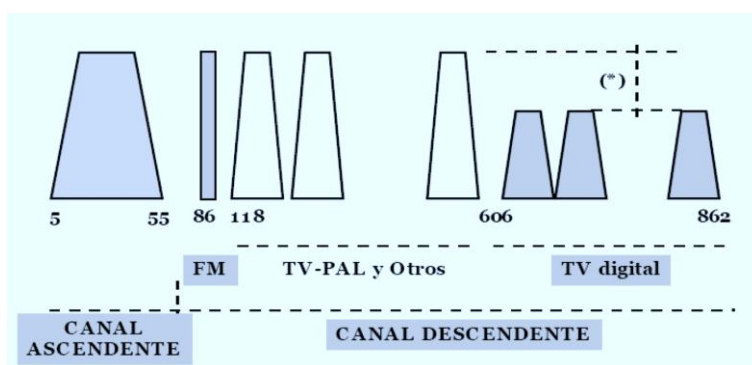
#### 5.6.1.1. Espectro y Canalización

El espectro de las redes de cable está evolucionando desde los 300/400/450 MHz de las antiguas redes (de tipo coaxial y dedicadas, exclusivamente, a la difusión de televisión) hasta los 860 MHz en Europa y 750 MHz en Estados Unidos de las modernas redes-HFC [53].

Dicho espectro se divide, de forma asimétrica, en dos canales: el Descendente (que transporta las señales generadas en la Red, típicamente en la Cabecera, y dirigidas a los usuarios) y el Ascendente (que soporta las señales generadas por los usuarios: telefonía, datos, solicitudes de video on demand, VoD, pay per view, PpV, etc.) [53].

Según el Reglamento Técnico para la prestación del Servicio de Telecomunicaciones por Cable, la canalización del anterior espectro debe ser [53]:

- Canal ascendente en el rango de 5-55 MHz.
- Canal descendente en el rango de 86-862 MHz.
  - radiodifusión-FM sonora de 87.5 a 108 MHz
  - Televisión analógica (tipo PAL) de 118 a 174 MHz y de 230 a 470 MHz
  - Televisión digital de 606 a 862 MHz

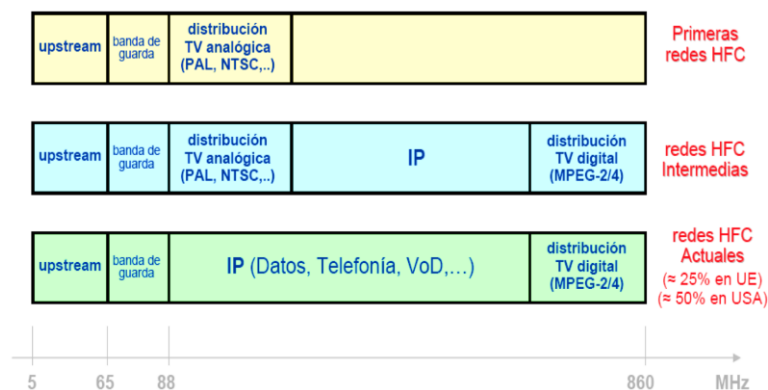


**Figura. 66.** Espectro y canalización de redes HFC.

Fuente: [53].

Como se observa en la Figura 66 el canal ascendente es un recurso muy limitado y debe ser compartido por todos los usuarios haciendo uso de técnicas de acceso al medio. Al efecto, este canal (5-55 MHz) suele dividirse en varios canales-RF ascendentes, de 1 a 6 MHz cada uno, con capacidad entre 1.6 y 10 Mbps por canal, merced al uso de técnicas de modulación digital.

Actualmente Se ha tendido una completa digitalización de la información transmitida a través de las redes HFC como se observa en la Figura 67.



**Figura. 67.** Espectro de redes HFC actuales.

Fuente: [45]

### **5.6.1.2. Bidireccionalidad de la Red**

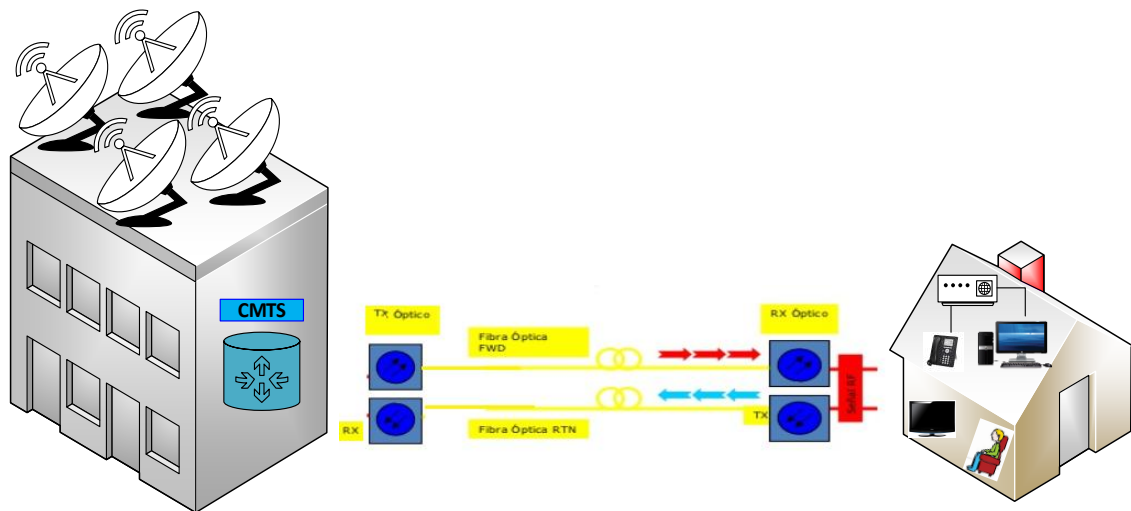
En un principio, el canal de retorno se usó principalmente para soportar servicios como Impulse PPV y algunos datos provenientes del monitoreo de estado de la red. Los servicios de vídeo, telefonía, transmisión de datos y otros servicios interactivos de alta velocidad requieren de bidireccionalidad de la red. Los canales de subida o Upstream y de bajada o Downstream viajan en filamentos separados de la fibra, pero comparten el mismo cable coaxial. En el canal de bajada los datos no presentan ningún problema, debido a que se envían a todos los suscriptores igualmente, lo que se denomina Broadcast [54].

Sin embargo, en el canal de subida los datos viajan de todos los suscriptores a un extremo principal, pudiéndose producir colisiones entre los paquetes.

En una red HFC el ruido eléctrico en la dirección de subida puede representar un gran problema para los usuarios finales y para los MSO. El ruido puede provenir de muchas fuentes en el sistema. La trayectoria de subida puede sufrir un gran impacto de ruido al enviar señales analógicas, porque las fuentes múltiples envían ruido como señal en la red de Upstream. El Ruido Blanco Gaussiano Aditivo, AWGN es inyectado en la red de HFC en el extremo del cliente, en dirección hacia la Cabecera mediante el canal ascendente. El AWGN es la interferencia más frecuente en la mayoría de los canales de comunicaciones [55].

Tradicionalmente, el canal de subida se ubicó entre los 5 MHz y los 30 MHz, sin embargo, en la actualidad se utiliza hasta la banda de 42 MHz, aunque existen equipos capaces de utilizar una banda de los 85 MHz. En estas frecuencias la posibilidad de interferencia es significativa. Por lo tanto, es de gran interés comprender cómo funciona el canal de datos ascendente.

En el protocolo DOCSIS, la red HFC tiene una arquitectura bidireccional. En Norteamérica, el espectro del canal de subida se extiende a partir de 5 MHz a 42 MHz. Un canal de subida con un tamaño de espectro de 6,4 MHz puede proporcionar un ancho de banda de 30,72 Mbps usando Acceso Múltiple por División de Código Ensanchado, S-CDMA [55].



Cabecera - Headend

**Figura. 68.** Red bidireccional

Fuente: [El Autor]



















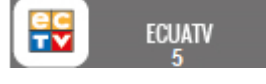















































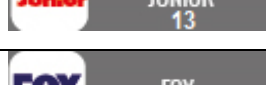











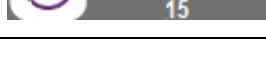





La figura 68 muestra un esquema de la red bidireccional que se necesita para ofertar los servicios de internet de banda ancha y Telefonía IP. Esto se logra actualizando el retorno tanto en la cabecera (headend) como en los nodos ópticos y equipando la red HFC con amplificadores bidireccionales se puede utilizar el espectro de 5 y 42 MHz para el canal ascendente [55].







































































































Los canales de retorno que proviene de cada suscriptor por la red de cable coaxial se superponen al llegar al Nodo Óptico, compartiendo y conformando el canal de 37MHz del canal de retorno entre los clientes, todos estos canales se multiplexan en frecuencia (FDM) en el Nodo Óptico, esto quiere decir que cada uno tendrá una frecuencia distinta para poder viajar por el mismo cable de fibra óptica hasta la cabecera [55].

































































































## 5.7. Diseño de la cabecera o Head-End







### 5.7.1. Recepción satelital.

Lo que se establece en primera instancia es la grilla de programación que se ofrecerá a los usuarios tomando en cuenta que se desea llegar a todo tipo de público por lo que se implanta una programación variada. En la tabla 31 se pueden observar la grilla a ofrecer por SUPERCABLEFILS.


	<b>Plan básico</b>	<b>Plan familiar</b>	<b>Plan Plus</b>	<b>Plan Total</b>	<b>Plan HD full.</b>
	\$ 7 P. sin impuesto Precio con imp. \$ 7.84	\$ 15 P. sin impuesto Precio con imp. \$ 16.80	\$ 22 P. sin impuesto Precio con imp. \$ 24.64	\$ 25 P. sin impuesto Precio con imp. \$ 28	\$ 28 P. sin impuesto Precio con imp. \$ 31.36
 ECUAVISAS 2					
 TELEAMAZONAS 3					
 RTS 4					
 ECUATV 5					
 GAMATV 6					
 TC TELEVISIÓN 7					
 CANAL UNO 8					
 DISCOVERY KIDS 9					
 NICKELODEON 10					
 CARTOON NETWORK 11					
 BOOMERANG 12					
 DISNEY JUNIOR 13					
 FOX 14					
 UNIVERSAL CHANNEL 15					





















 SPACE 16					
 STUDIO UNIVERSAL 17					
 TCM 18					
 WARNER CHANNEL 19					
 TNT SERIES 20					
 h&h DISCOVERY HOME & HEALTH 21					
 MUNDO FOX 22					
 CANAL DE LAS ESTRELLAS 23					
 FOX LIFE 24					
 TELEMUNDO 25					
 TL NOVELAS 26					
 FOX SPORTS 27					
 ESPN 28					
 ESPN+ 29					
 FOX SPORTS 3 30					
 DISCOVERY CHANNEL 31					
 ANIMAL PLANET 32					

 NATIONAL GEOGRAPHIC 33					
 TV AGRO 34					
 CNN EN ESPAÑOL 35					
 TELESUR 36					
 MTV 37					
 EWTN 38					
 TNT 39					
 FILM ZONE 40					
 CINECANAL ESTE 41					
 CINEMAX ESTE 42					
 MAXIVISION 43					
 99.7 Stereo Macará 44					
 EL CIUDADANO 45					
 TELERAMA 46					
 DISNEY CHANNEL 47					
 DISNEY XD 48					

 INVESTIGATION DISCOVERY 49					
 FX 50					
 SONY 51					
 AXN 52					
 E! ENTERTAINMENT 53					
 A&E MUNDO 54					
 CINE LATINO 55					
 EL GOURMET 56					
 HISTORY CHANNEL 57					
 NICK JR. 58					
 TOONCAST 59					
 BABY TV 60					
 SYFY 61					
 TBS veryfunny 62					
 GLITZ 63					
 FOX SPORTS 2 64					



	FILM & ARTS 65					
	DISCOVERY TURBO 66					
	TRU TV 67					
	CNN INTERNACIONAL 68					
	BBC WORLD NEWS 69					
	CARACOL INTERNACIONAL 70					
	AZ MUNDO 71					
	TVE ESPAÑA 72					
	TV COLOMBIA 73					
	ANTENA 3 74					
	EL TRECE 75					
	ENLACE 76					
	FOX 1 77					
	FOX 1 OESTE 78					
	FOX MOVIES 79					
	FOX CLASSICS 80					

	FOX FAMILY ESTE 81					
	FOX COMEDY 82					
	FOX ACTION ESTE 83					
	FOX CINEMA 84					
	HBO 85					
	HBO 2 86					
	HBO PLUS ESTE 87					
	HBO PLUS OESTE 88					
	HBO FAMILY ESTE 89					
	HBO SIGNATURE 90					
	MAX 91					
	MAX PRIME ESTE 92					
	MAX PRIME OESTE 93					
	FOX SPORTS HD 94					
	ESPN HD 95					
	MTV LIVE HD 96					
	HISTORY HD 97					



















 NAT GEO WILD HD 98					
 FOX HD 99					
 THEATER HD 100					
 UNIVERSAL HD 101					
 WARNER HD 102					
 SONY HD 103					
 AXN HD 104					
 GOLDEN HD 105					
 CINECANAL HD 106					

Tabla 31. Grilla de programación propuesta para “SUPERCABLEFILS”

Fuente: [El Autor]

Para cuya recepción se proyecta utilizar 7 antenas satelitales las cuales se ubican en la estación terrena, y los satélites que se utilizan se especifican en la tabla 32.

UBICACIÓN	SATELITE
116.8° W	Satmex 8
45.0° W	Intelsat 14
-43.06° W	Intelsat 11
58.0° W	Panansat 9
55.5 °W	Intelsat 805
-40.45° W	Intelsat (NNS 806)
-29.95° W	Hispasat. 1C

Tabla 32. Satélites Utilizados

Fuente: [El Autor]

## SISTEMAS DE ANTENAS

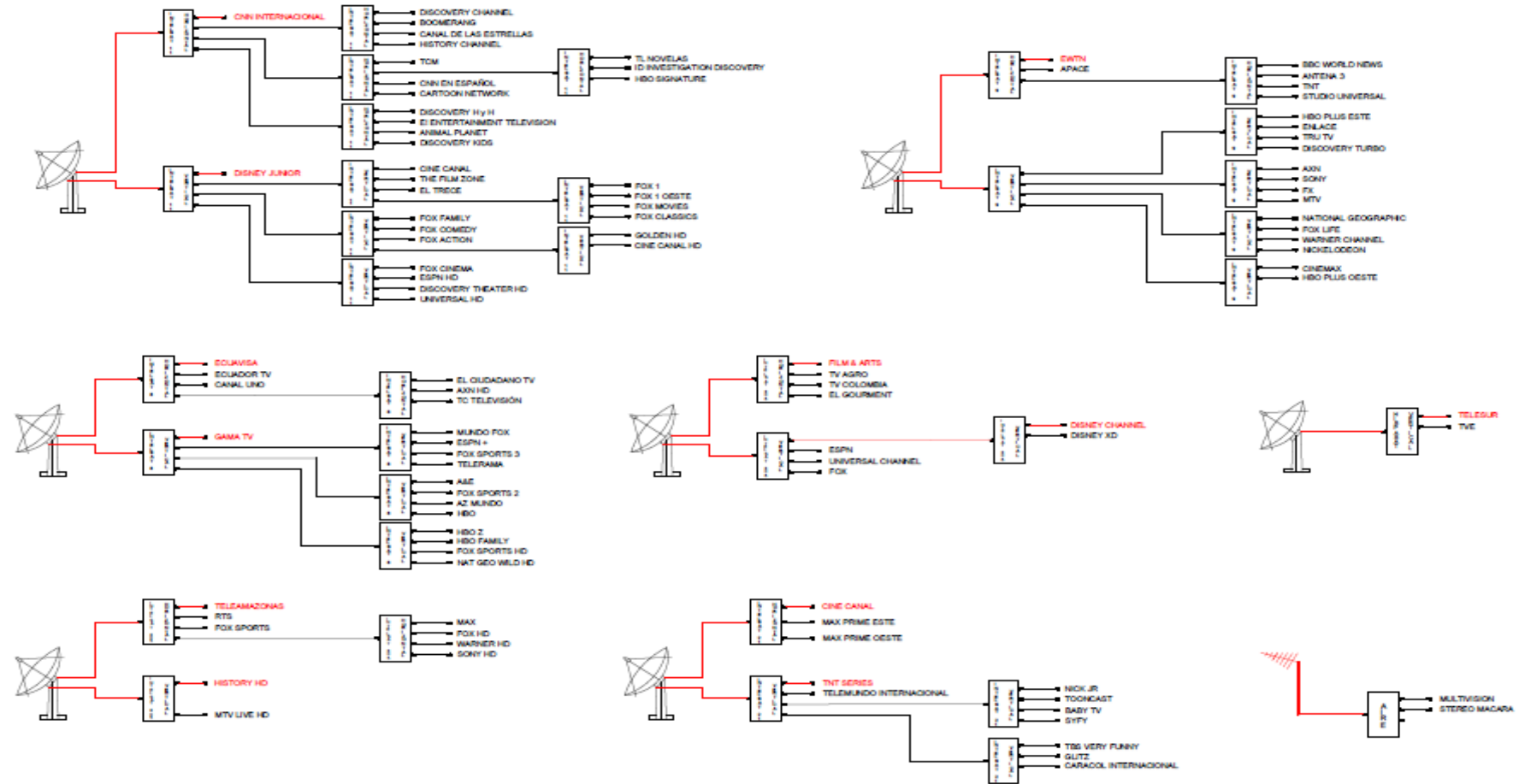


Figura. 69. Recepción Satelital detallada

Fuente: [El Autor]

## **5.7.2. Procesamiento de señales.**

### **5.7.2.1. Televisión:**

La señal transmitida desde el satélite, es captada por la antena parabólica que apunta a dicho satélite y se ubica en el exterior del headend de SUPERCABLEFILS. La señal es reflejada en el reflector parabólico y es concentrada en su punto focal, donde se ha colocado un alimentador y un bloque de bajo ruido o LNB por sus siglas en inglés, en los sistemas actuales el LNB y el alimentador vienen integrados y se conoce como LNBF [56].

El LNBF es la verdadera antena del sistema y es dependiente de la banda de frecuencia con la que se trabaja, en este caso se tiene un LNBF en banda C, esto quiere decir que con la misma antena se puede recibir señales de banda Ku o banda C [56].

Una vez que las señales son procesadas en primera instancia por el LNBF estas son llevadas hacia el receptor satelital a través de un cable coaxial, este cable no debe exceder los 30 metros para que las pérdidas producidas por el cable no sean representativas.

Las señales transmitidas hacia el satélite son realizadas por un proveedor de contenidos, este proveedor puede transmitir una o varias señales en el ancho de banda correspondiente a un transponder, es decir si se transmite una sola señal y se lo asocia a la portadora de un transponder dado se conoce como SCPC; por el contrario, si el proveedor de contenidos transmite varias señales en el ancho de banda de un transponder dado, entonces se generan varias sub-portadoras asociadas al transponder, esto se conoce como MCPC, esto es importante conocer ya que nos permitirá saber la cantidad de receptores satelitales que debemos tener, ya que si se trata de un proveedor que transmite sus señales a través de un solo transponder de un mismo satélite usando MCPC se necesitará un solo receptor satelital para recibir sus señales [56].

Con todo lo antes mencionados podemos afirmar que se necesitarán varios receptores satelitales por lo que del LNBF se conecta un cable coaxial hacia un splitter que llevará la señal correspondiente a su receptor satelital.

El receptor satelital tiene como principal función la de procesar la señal recibida, y como primer paso se debe realizar la activación del receptor. El hecho de conectar un receptor satelital al LNBF, no implica que va a realizar el procesamiento de las señales, ya que como paso previo el proveedor de contenido tiene que activar dicho receptor satelital, esto con el objetivo de validar los contratos firmados previamente entre SUPERCABLEFILS y el proveedor de contenido, inclusive algunos proveedores de contenidos entregan los receptores satelitales ya configurados y validados para que se pueda conectar al equipamiento del Headend [56].

Una vez activado el equipo receptor este se encarga de las siguientes tareas básicas [56]:

- Amplificación de la señal proveniente del LNBF.
- Conversión de las frecuencias de 950 a 1450 MHz, a frecuencias más bajas para poder convertir en banda base.
- Demodulación de la señal digital que viene modulada desde el proveedor de contenido en 8PSK27
- Descrambling de la señal satelital.
- Decodificación de MPEG-2 o MPEG-4 según haya sido codificada la señal digital.

Una vez que se lleva a cabo todo este proceso por el receptor satelital se tiene una señal de video analógico y sonido estéreo, además de una salida en video digital a través de una interfaz ASI (Asynchronous Serial Interface o Interfaz Serial Asíncrona es un formato para la transmisión de un flujo de datos digitales los cuales comúnmente llevan un flujo de transporte MPEG.) que se utilizará para una transmisión enteramente digital [56].

#### Procesamiento de señales en una infraestructura digital en definición estándar

El procesamiento de señales en una infraestructura digital tiene las siguientes etapas [56]:

- Codificación
- Multiplexación
- Encriptación y Modulación

## ***Codificación***

Esta etapa la realiza un equipo encoder o codificador el mismo que se encarga, en primer lugar, de digitalizar las señales de audio y video provenientes del receptor satelital, y posteriormente comprimir estas señales digitales a través del estándar MPEG-2, para posteriormente ser transportadas mediante un flujo de transporte hacia los equipos multiplexores [56].

En la infraestructura de los encoders se utiliza el método por cascada, cada receptor satelital está asociado a un encoder, por lo que las señales de audio y video de cada receptor satelital son transportadas a su respectivo encoder a través de una interfaz ASI, en el encoder se digitaliza, comprime y se va formando un flujo de transporte MPEG-2 que será realimentado secuencialmente en otro encoder, hasta llegar al octavo ya que una cascada puede tener un número máximo de ocho encoders [56].

Para explicar de mejor manera esto es que el Encoder 1 transportará las señales del receptor satelital 1; el Encoder 2 transportará las señales del receptor satelital 2, más las señales del receptor satelital 1; el Encoder 3 transportará las señales del receptor satelital 3, más las del receptor satelital 2 y las del receptor satelital 1 y así sucesivamente hasta llegar a los 8 encoders. Finalmente, el último encoder de la cascada transportará un flujo de transporte comprimido en MPEG-2 correspondiente a las señales recibidas en 8 receptores satelitales, el mismo que se conectará a un multiplexor para su adecuación respectiva. Siguiendo el mismo concepto se forman más cascadas de encoder hasta que se hayan procesado las señales de todos los canales que forman la grilla [56].

Los últimos encoders de todas las cascadas, se conectarán físicamente a través de una interfaz ASI hacia un multiplexor.

## ***Multiplexación***

El proceso de multiplexación se lo realiza básicamente para combinar todos los flujos de transporte MPEG-2, que resultaron de las cascadas de Encoders, es decir a la salida del multiplexor obtener un gran flujo de transporte MPEG-2, el mismo que contiene la señal de todos los canales de televisión a brindar a los usuarios. Todo el flujo de transporte MPEG-2 es transportado a la fase de modulación y encriptación mediante una

interfaz ASI, aunque dependiendo del equipamiento de la empresa es posible convertir en el multiplexor ese flujo de transporte MPEG-2 en paquetes IP [56].

### ***Encriptación y Modulación***

Una vez que todas las señales de los canales recibidos vía satélite se encuentran en el flujo de transporte MPEG-2, este debe ser encriptado, modulado y convertido a una frecuencia adecuada para su transmisión [56].

Como resulta obvio para un sistema de televisión por suscripción es de vital importancia para su éxito como negocio que sus señales sean encriptadas, de esta manera, permitir solo a sus suscriptores por medio de los decodificadores instalados que accedan a los paquetes de televisión contratados.

Una vez realizada la encriptación de las señales el equipo internamente realiza la modulación digital de dichas señales, se utilizará una modulación de 256QAM.

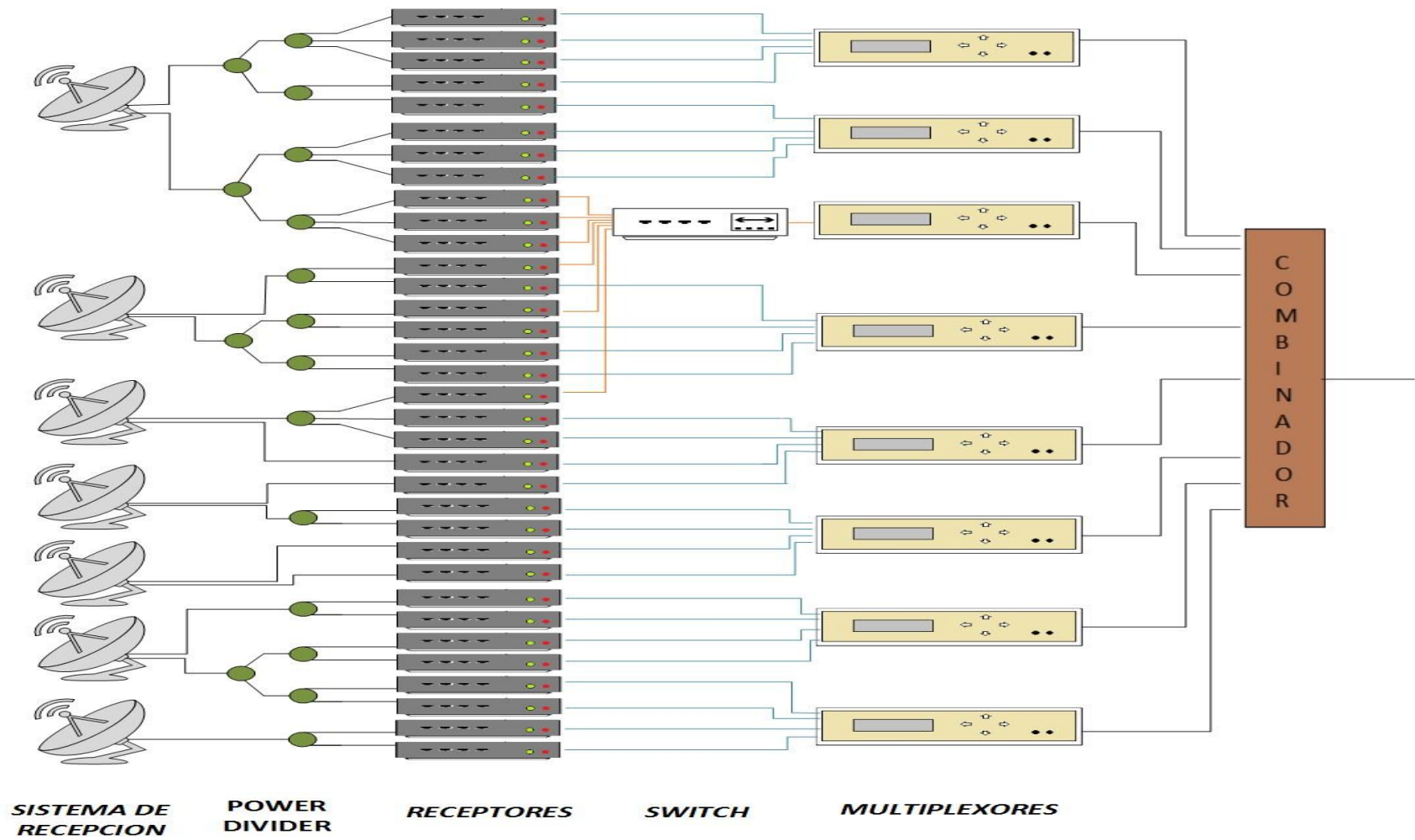
De la salida RF se conecta a un Combinador de señales, dicho elemento como su nombre lo indica combina o suma las señales [56].

### ***Procesamiento de señales en una infraestructura digital en alta definición***

A diferencia de la infraestructura de televisión digital en definición estándar donde las señales salen a través de una interfaz ASI, para la infraestructura HDTV salen a través de una interfaz Ethernet, por lo que se lleva tráfico MPEGoIP y se conecta a un switch capa 2 para concentrar todas las señales de canales de alta definición y conectar desde un solo puerto Ethernet del switch al equipo Encriptador - Modulador, para la encriptación, modulación, asignación de canales y conversión nuevamente a una portadora RF para la distribución de los canales a través de la red HFC a sus suscriptores [56].

En la figura 70 se puede observar la distribución de los elementos necesarios para el procesamiento de las señales de televisión digital.





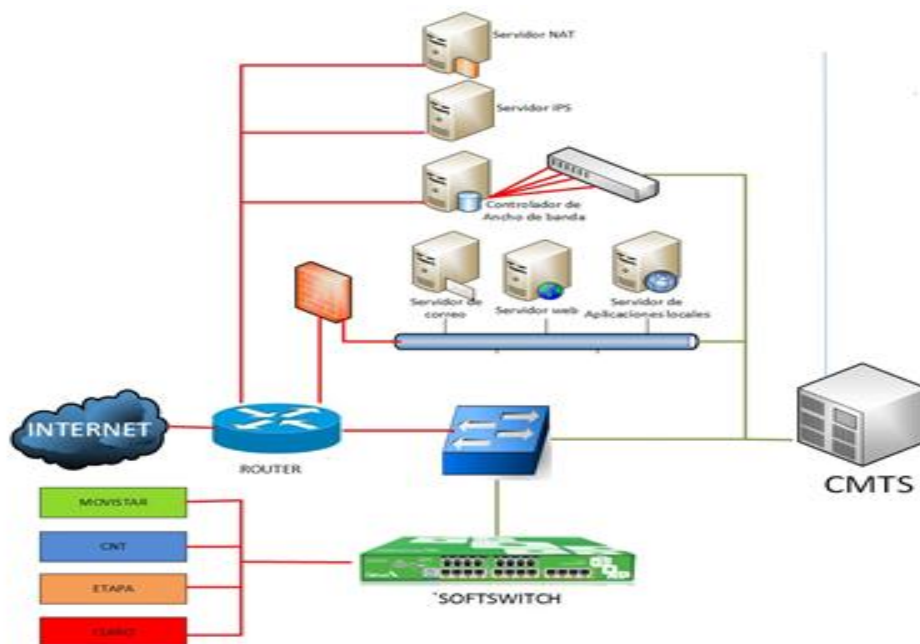
**Figura. 70.** Procesamiento de señales para Tv Digital.  
 Fuente: [El Autor].

### 5.7.2.2. Datos y Telefonía IP:

En la actualidad, los nuevos operadores de cable son, en su mayoría, Operadores Multi-Servicio, proporcionando telefonía e Internet de alta velocidad. Esto se consigue utilizando técnicas de división por frecuencia [45].

Para la conexión a Internet, es necesaria una comunicación bidireccional y ésta es obtenida asignando una parte relativamente pequeña del ancho de banda, con una tasa de datos de 500 kbps a 1,5 Mbps que se conoce como Upstream de comunicación de datos del suscriptor al operador. Por otro lado, el ancho de banda de descarga suele ser más grande, con una tasa de datos de hasta 35 Mbps, que se conoce como comunicación de datos de Downstream del operador al suscriptor. En esta técnica se utilizan dos módems: uno en el extremo del usuario conocido como Cablemódems, CM y otro en la Cabecera del operador, conocido como Sistema de Terminación de Cablemódems, CMTS. El operador conecta su Cabecera a un Proveedor de Servicios de Internet, ISP. Los CMTS pueden manejar la conexión a Internet de entre 4000 y 30000 usuarios. Una Cabecera puede tener más de un CMTS. Este dispositivo realiza la codificación, modulación y gestión de acceso al medio compartido por los CM, proporcionando una interfaz Ethernet [45].

La figura 71 muestra el equipamiento de la cabecera para proveer internet y telefonía.



**Figura. 71.** Acceso a Internet y Telefonía.

Fuente:[El Autor]

### 5.7.3. Ancho de Banda de SUPERCABLEFILS

El rango de operación del canal de downstream que maneja SUPERCABLEFILS va desde 54 MHz a 864 MHz, mientras que el canal de upstream va desde 4 MHz a 47 MHz. Para analizar los requerimientos asociados a la televisión analizaremos en primer lugar el canal de downstream [53].

El canal de downstream que maneja SUPERCABLEFILS tiene un ancho de banda de 810 MHz, entre 54 MHz en su límite inferior y 864 MHz en su límite superior, si relacionamos este ancho de banda con el ancho de banda de un canal analógico de 6 MHz, nos da como resultado 135 canales para el downstream [53].

$$AB_{downstream} = 864 [MHz] - 54 [MHz]$$

$$AB_{downstream} = 810 [MHz]$$

$$AB_{canal\ analogico} = 6 [MHz]$$

$$\# \text{ canales} = \frac{AB_{downstream}}{AB_{canal\ analogico}}$$

$$\# \text{ canales} = \frac{810 [MHz]}{6 [MHz]}$$

$$\# \text{ canales} = 135 [\text{canales}]$$

Se provee brindar servicios de televisión digital en definición estándar, televisión digital en alta definición, además de los servicios de Internet y telefonía IP, por lo que el plan de frecuencias está definido en base a estos requerimientos:

- 13 canales digitales en alta definición
- 93 canales digitales en definición estándar
- Servicios IP Internet y Telefonía

En relación a los requerimientos se tiene lo siguiente:

Según el esquema de muestreo y el tipo de resolución que se utilice se obtiene distintas velocidades de transmisión esto se puede observar en la Tabla 33 que nos muestra una comparación de dichas velocidades de transmisión.

Definición	Resolución	Escaneo	Velocidad de Transmisión		
			Sub-Muestreo 4:4:4	Sub-Muestreo 4:2:2	Sub-Muestreo 4:2:0
SD <sup>124</sup>	720X480	Entrelazado	248,832 Mbps	165,888 Mbps	124,416 Mbps
HD	1280X720	Progresivo	663,552 Mbps	442,368 Mbps	331,776 Mbps
HD	1920X1080	Entrelazado	1492,992 Mbps	995,328 Mbps	746,496 Mbps

Tabla 33. Comparación de velocidades de transmisión para esquemas de muestreo y tipo de resoluciones  
Fuente: [56]

Los valores de velocidad de transmisión que se establecen en la tabla anterior, todavía no pueden ser transportados en el ancho de banda de un canal analógico de 6 MHz, ya que como se observa a continuación solo puede transportar velocidades de transmisión de hasta 41 Mbps, como se demuestra con las siguientes ecuaciones:

$$AB_{canal\ Analógico} = 6[MHz]$$

$$Velocidad_{señal} = \frac{AB_{canal\ Analógico}}{(1 + \alpha)}$$

$$Factor\ de\ Roll\ Over = \alpha = 0,15$$

$$Velocidad_{señal\ 256QAM} = \frac{6[MHz]}{(1 + 0,15)}$$

$$Velocidad_{señal\ 256QAM} = \frac{6[MHz]}{(1,15)}$$

$$Velocidad_{señal\ 256QAM} = 5,2174[MHz]$$

$$Velocidad_{tx\ bruta\ 256QAM} = Velocidad_{señal\ 256QAM} \times \log_2 M$$

$$M = \text{número de niveles} = 256$$

$$Velocidad_{tx\ bruta\ 256QAM} = 5,2174[MHz] \times 8[bits]$$

$$Velocidad_{tx\ bruta\ 256QAM} = 41,739 [Mbits]$$

$$Velocidad_{tx\ neta\ 256QAM} = Velocidad_{tx\ bruta\ 256QAM} \times \text{Codificador } RS_{(204,188)}$$

$$Velocidad_{tx\ neta\ 256QAM} = 41,739 [Mbps] \times \frac{188}{204}$$

$$Velocidad_{tx\ neta\ 256QAM} = 38,465 [Mbps]$$

En la ecuación precedente se observa que la velocidad de transmisión bruta que puede transmitirse en el ancho de banda del canal analógico de 6 MHz es 41,739 Mbps y la velocidad de transmisión neta es 38,465 Mbps. Por ese motivo es necesario utilizar métodos especializados de compresión de video para reducir aún más la velocidad de transmisión de un canal de definición estándar y de alta definición para que pueda ser transmitido a través del ancho de banda de un canal analógico de 6MHz.

En los sistemas actuales de televisión se ha conseguido reducir la velocidad de transmisión de un canal digital de alta definición, en promedio hasta los 19 Mbps, por lo que se podría poner dos canales digitales de alta definición por portadora (o por cada canal analógico de 6 MHz), es decir para los 13 que se plantea ofrecer se necesitarán 7 portadoras y un ancho de banda de 42 MHz.

En relación a los canales digitales de definición estándar, el autor Loaiza Freire A, [56] establece que la velocidad de transmisión de un canal en alta definición es el triple de un canal de definición estándar, por lo que 6 canales digitales en definición estándar se pueden asignar a una portadora. En base a esto se necesitará para la transmisión de 93 canales, 16 portadoras o un ancho de banda de 96 MHz.

Cabe indicar que se debe tomar en cuenta un ancho de banda considerado para expansión, con el objetivo de representar correctamente el plan de frecuencia, este porcentaje considerado para la migración suele ser en términos generales el 20% [56].

$$AB_{utilizado\ Para\ Tv\ digital} = (AB_{TV\ HD} + AB_{TV\ SD}) \times 1.2$$

$$AB_{utilizado\ Para\ Tv\ digital} = (42MHz + 96MHz) \times 1.2$$

$$AB_{utilizado\ Para\ Tv\ digital} = 166 [MHz]$$

### **Tasa de transmisión necesaria para Internet.**

En base a la encuesta realizada a la ciudadanía macareña se establece que el mayor proveedor de servicios de internet en el cantón es la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) [57], es por ello que en base a los planes de datos que ofertan actualmente se plantea los planes de datos de la empresa SUPERCABLEFILS:

PLANES DE INTERNET FAST BOY FIJO				
VELOCIDAD DOWN	VELOCIDAD UP	VALOR MENSUAL USD.	TARIFA Inc. IVA	INSCRIPCIÓN USD.
2000 Kbps (2 Megas)	500 Kbps	\$18.00	\$20.16	\$50.00
3000 Kbps (3 Megas)	500 Kbps	\$24.90	\$27.89	\$50.00
4000 Kbps (4 Megas)	500 Kbps	\$36.00	\$40.32	\$50.00
*6000 Kbps (6 Megas)	500 Kbps	\$49.90	\$55.89	\$50.00
*10000 Kbps (10 Megas)	1000 Kbps	\$60.00	\$67.20	\$50.00
*15000 Kbps (15 Megas)	1000 Kbps	\$105.00	\$117.60	\$50.00

1. La mejor banda ancha al mejor precio.  
2. Diferentes planes de internet pensado en tus necesidades.  
3. La mejor red de transporte Ip/MPLS TE y red de acceso del país (Cobre ADSL2+) (Fibra Gpon)  
4. 5 salidas internacionales y propietarios del cable Panamericano y Américas II  
5. Navegación ilimitada a mayor velocidad

**Figura. 72.** Planes de Internet de CNT.  
Fuente: [57]

Se debe recordar que CNT ofrece un servicio de Internet asimétrico enfocado al mercado Residencial con una compartición de 8:1.

La empresa SUPERCABLEFILS brindará planes del servicio de datos con velocidades teóricas de downstream y upstream de:

Planes de SUPERCABLEFILS	
Velocidad Down	Velocidad Up
<b>256 Kbps</b>	128 Kbps
<b>512 Kbps</b>	128 Kbps
<b>1024 Kbps</b>	128 Kbps

con niveles de compartición de 4:1(en base a la oferta en el mercado) respectivamente; es decir, que en las horas pico la velocidad mínima que tendrán los abonados con el plan mínimo será de 64 Kbps de downstream.

Para el cálculo de la capacidad necesaria para la prestación del servicio de datos considerando un total de 500 abonados residenciales que pueden adquirir el servicio de datos, 200 de ellos adquieren el servicio de internet con capacidad de 1024/128 Kbps, 150 abonados con capacidad de 512/128 Kbps y los 150 restantes con capacidad de

256/128 Kbps con un índice de simultaneidad del 15 ,12 y 10% respectivamente dichos índices son los recomendados en el documento elaborado por el consultor Omar de León con la participación de Rodrigo de León en la investigación, análisis y procesamiento de la información [58].

El cálculo de la capacidad total requerida de downstream por el total de abonados que dispondrán del servicio, se realizó de la siguiente manera:

### **Downstream**

$$\text{Capacidad} = (\# \text{ de abonados})\% \text{ de simultaneidad} * (AB \text{ [Kbps]})$$

$$\text{Capacidad (1)} = (200) * 0.15 * (1024[\text{Kbps}]) = 30720\text{Kbps}$$

$$\text{Capacidad (2)} = (150) * 0.12 * (512[\text{Kbps}]) = 9216\text{Kbps}$$

$$\text{Capacidad (3)} = (150) * 0.10 * (256[\text{Kbps}]) = 3840\text{Kbps}$$

$$\text{Capacidad total} = (30720[\text{Kbps}]) + (9216[\text{Kbps}]) + (3840[\text{Kbps}]) = 43776\text{Kbps}$$

Para determinar la Capacidad de nuestro sistema multiplicamos la capacidad total por el número de nodos.

$$\text{Ancho de banda de Internet} = 43776 \text{ [Kbps]} * 6 = 262656 \text{ [Kbps]}$$

$$\text{Ancho de banda de Internet} = 263 \text{ Mbps}$$

Para el cálculo de la capacidad requerida de upstream para la prestación del servicio de datos considerando un total de 3000 abonados residenciales con un índice de simultaneidad del 15 %, se realizó de la siguiente manera:

### **Upstream**

$$\text{Capacidad} = (\# \text{ de abonados})\% \text{ de simultaneidad} * (AB \text{ [Kbps]})$$

$$\text{Capacidad (upstream)} = (3000) * 0.15 * (128[\text{Kbps}])$$

$$\text{Capacidad (upstream)} = 450 * (128[\text{Kbps}])$$

$$\text{Capacidad (upstream)} = 57600 \text{ Kbps} = 58\text{Mbps}$$

## **Ancho de Banda necesario para Telefonía IP.**

Con la telefonía IP la voz se transmite en forma de paquetes de datos a través de internet. Es por ello por lo que es tan importante el ancho de banda, porque en cada conversación se están enviando y recibiendo paquetes de datos.

Para que la voz se envíe a través de Internet se emplean códecs, que comprimen la voz en forma de paquetes de datos. Dependiendo del códec empleado los paquetes ocuparán más o menos espacio y será necesario un ancho de banda u otro.

Antes de profundizar en las diferencias de los codecs más comunes, vamos a introducir otro principio que nos permitirá calcular con precisión el ancho de banda utilizado. Al enviar datos a través de la red, éstos deben estar empaquetados. El “paquete” contiene información que permite que los datos sean enviados al destino y que puedan ser reconstruidos correctamente. Por ello es importante tomar en cuenta estas tramas de control que se suman al consumo de ancho de banda.

Hay diferentes capas de empaquetamiento en la red (requeridos por el modelo OSI de 7 capas). El audio codificado necesita ser empaquetado dentro de paquetes RTP. A su vez, los paquetes RTP necesitan ser empaquetados dentro de paquetes UDP, que luego necesitan ser empaquetados dentro de paquetes IP.

La Voz sobre IP (VoIP) requiere una cierta cantidad de ancho de banda para funcionar correctamente. Esta es la tasa de transferencia de datos y se mide en bits por segundo (bps). La fórmula utilizada para calcular el ancho de banda requerido por llamada es:

$$\text{Ancho de banda} = \text{tamaño total de paquetes} * \text{PPS}$$

donde PPS significa “paquetes por segundo” y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{PPS} = (\text{tasa de bits de códec}) / (\text{tamaño de la carga útil de voz}).$$

El otro elemento del cálculo del ancho de banda, el tamaño total del paquete, se calcula:

$$\text{Tamaño total del paquete} = (\text{cabecera de capa 2}) + (\text{cabecera IP/UDP/RTP}) + (\text{tamaño de la carga útil de voz}).$$

### **Procedimiento:**

- a. Encuentra el codec utilizado en la transmisión de VoIP



Se realiza en base a las especificaciones del equipo Softswitch Denwa E-SBC que utilizaremos:



Modelo	DWP-M801D	DWP-M808A
<b>Interfaces PSTN</b>		
Capacidad PSTN	Interfaces de Voz: El DWP-M800 Series está equipado con 8 líneas analógicas como interface PSTN o un puerto E1/T1/J1	
Interfaces Digitales	Un puerto E1/T1/ usando conectores RJ-48c	No
Interfaces Analógicas	No	8 puertos FXO usando conectores RJ-11
<b>Interfaces de Red</b>		
WAN	Interface WAN 10/100/1000 Base-T Copper	
LAN	4 puertos 10/100/1000Base-T plus y 8 10/100Base-TX ports PoE- Power-Over Ethernet en todos los puertos (Soporte 802.3af-2003 con auto detección y hasta 15.4W por puerto), Administración PoE	
<b>Procesamiento de Voz</b>		
Codecs de Voz	G.711, G.723.1, G.729A, G.722	
Cancelación de Eco	Selección de codecs independiente y dinámico por canal	
Mejor de Calidad	G.168 y G.168-2002, con 32, 64 o 128 msec de tamaño de cola	
Tonos DTMF/MF	Programación programable de jitter buffer, VAD y CNG	
Transporte IP	Detección y generación de Tonos PSTN, RFC 2833 compatible, DTMF relay y Detección y generación de Call Progress	
Fax	VoIP (RTP/RTCP) por IETF RFC 3550 y 3551, Soporte opcional IPv6 T.38 (real time fax), bypass automatico a PCM	

**Figura. 73.** Especificaciones de Softswitch Denwa E-SBC

Fuente: [59].

En base a las recomendaciones de la ITU-T se establece la tasa de Bit de los códec más utilizados.

Codificador	Tasa de Bit.
<b>G.711 (PCM)</b>	64 Kbps
<b>G.723.1 (MP-MLQ)</b>	6.3 Kbps
<b>G.729 (CS-ACELP)</b>	8.0 Kbps
<b>G.722 (ADPCM)</b>	64 Kbps

**Tabla 34.** Tasa de Bit de codes de VOIP

Fuente: [60].

Para establecer la carga útil se necesita del Retardo de Paquetización, es el tiempo para llenar un paquete de información, de la conversación ya codificada y comprimida. Este retardo es función del tamaño de bloque requerido por el codificador de voz y el número de bloques de una sola trama. La RFC 1890 especifica que el retardo de paquetización por defecto debiera ser de 20 ms, sin embargo, G.723.1 genera una trama de voz cada 30 ms. Los retardos de paquetización más comunes se muestran en la siguiente tabla:

Codificador	Rata	Carga útil (Bytes)	Retardo de paquetización (ms)	Carga útil (Bytes)	Retardo de Paquetización (ms)
PCM, G.711	64 Kbps	160	20	240	30
ADPCM, G.726	32 Kbps	80	20	120	30
CS-ACELP, G.729	8.0 Kbps	20	20	30	30
MP-MLQ, G.723.1	6.3 Kbps	24	24	60	48
MP-ACELP, G.723.1	5.3 Kbps	20	30	60	60

Tabla 35. Especificaciones de CODES.

Fuente: [60].

Trama VoIP a utilizar



- Realizaremos los cálculos para un Codec G.711

$Tamaño\ total\ del\ paquete = (4) + (20) + (8) + (12) + (160) + (2) = 206\ Bytes$

$Tamaño\ total\ del\ paquete(bit) = 206\ Bytes * 8 = 1648\ bits$

Calcula los Paquetes por Segundo utilizando la fórmula:

$PPS = (tasa\ de\ bit\ del\ codec)/(tamaño\ de\ la\ carga\ util\ de\ voz)$

$carga\ util\ en\ bits = 160\ Bytes * 8 = 1280\ bits$

$$PPS = \frac{64000}{1280} = 50$$

$Ancho\ de\ Banda = tamaño\ total\ del\ paquete * PPS$

$Ancho\ de\ Banda = 1648\ bits * 50 = 82400\ bits$

$Ancho\ de\ Banda = 82.4\ Kbps$

- Realizaremos los cálculos para un Codec G.729

$Tamaño\ total\ del\ paquete = (4) + (20) + (8) + (12) + (20) + (2) = 66\ Bytes$

$Tamaño\ total\ del\ paquete(bit) = 66\ Bytes * 8 = 528\ bits$

Calcula los Paquetes por Segundo utilizando la fórmula:

$PPS = (tasa\ de\ bit\ del\ codec)/(tamaño\ de\ la\ carga\ util\ de\ voz)$

$carga\ util\ en\ bits = 20\ Bytes * 8 = 160\ bits$

$$PPS = \frac{8000}{160} = 50$$

*Ancho de Banda = tamaño total del paquete \* PPS*

$$Ancho de Banda = 528 \text{ bits} * 50 = 26400 \text{ bits}$$

$$Ancho de Banda = 26.4 \text{ Kbps}$$

Si bien el codec G711 consume más del doble de ancho de banda que los otros codecs, la mayoría de las Redes pueden soportar este ancho de banda.

G729 es el codec que consume menos ancho de banda y tiene una calidad de audio relativamente buena. Aunque tiene 2 puntos en contra [60]:

- Esa eficiencia viene con un costo, que es el consumo de CPU. Es más CPU-intensivo codificar audio en un tamaño tan pequeño manteniendo la calidad.
- G729 es un codec propietario. Por esto, el número de llamadas simultáneas en G729 no puede exceder la mitad de las llamadas simultáneas permitidas por el sistema o PBX-IP.

Por esto, G729 solo debería ser utilizado cuando realmente es requerido.

Ahora determinaremos el número de troncales que necesita nuestro sistema utilizando el modelo de tráfico de Erlang B.

Determinaremos el tráfico estableciendo que la mitad de los usuarios 1500 solicitan una llamada con una duración promedio de 3 minutos entonces:

$$A = \frac{3000 * 3 * 60}{3600} = \frac{3000 * 180}{3600} = 150 \text{ erlag}$$

El modelo Erlang B ha sido ampliamente usado en el diseño de redes y sus resultados se encuentra tabulados, pero son algo engorroso de usar; dichas tablas están diseñadas de manera que conociendo el tráfico en erlangs y el grado de servicio o probabilidad de bloqueo se pueda obtener la cantidad de líneas mínima para cursar el tráfico. Actualmente existen muchos sitios en Internet que permiten hacer dichos cálculos, si utilizamos una calculadora estableciendo una probabilidad de bloqueo igual a la de la PSTN 1% tenemos:

### Erlang B Results Table

Here are the results (max 20) of the Erlang B Calculator. The unknown figures are shown in red.

B.H.T.	Blocking	Lines
150.000	0.010	170

Esto estable que son necesarias 170 líneas para cursar el tráfico.

$$\text{Ancho de Banda VoIP} = 170 * 82.4 \text{ Kbps} = 14008 \text{ Kbps}$$

$$\text{Ancho de Banda VoIP} = 14 \text{ Mbps}$$

El ancho de banda de Downstream es igual al de Upstream.

Ancho de banda de los servicios IP downstream:

$$AB_{\text{servicios IP}} = (AB_{\text{Internet}} + AB_{\text{VoIP}})$$

$$AB_{\text{servicios IP}} = (263 \text{ Mbps} + 14 \text{ Mbps})$$

$$AB_{\text{servicios IP}} = 277 \text{ [Mbps]}$$

Ancho de banda de los servicios IP upstream:

$$AB_{\text{servicios IP}} = (AB_{\text{Internet}} + AB_{\text{VoIP}})$$

$$AB_{\text{servicios IP}} = (58 \text{ Mbps} + 14 \text{ Mbps} +)$$

$$AB_{\text{servicios IP}} = 72 \text{ [Mbps]}$$

Para determinar el número de portadoras (6MHz) que utilizaremos de nuestro plan de frecuencias vamos a establecer que la modulación que se utilizara para downstream es 256-QAM con esto obtenemos una tasa nominal de transferencia de datos de 38 Mbps.

$$\# \text{ portadoras} = \frac{277 \text{ Mbps}}{38 \text{ Mbps}} = 7.28$$

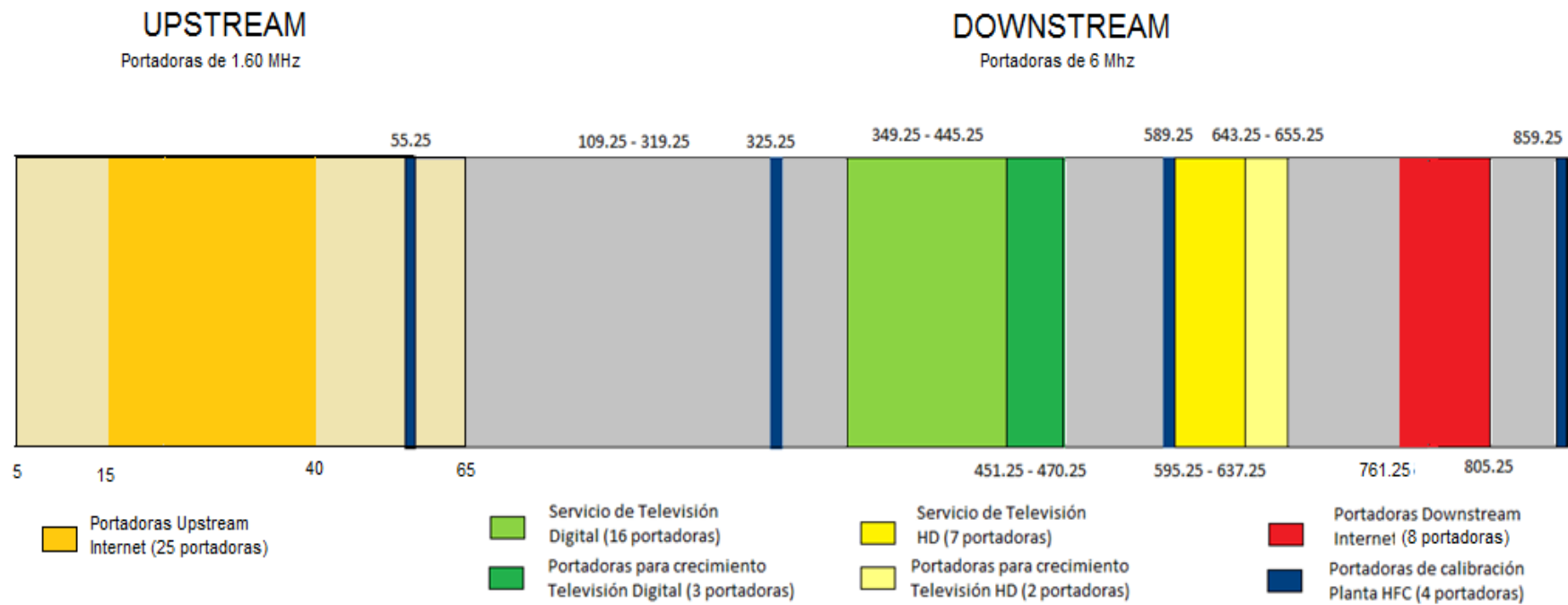
$$\text{Ancho de banda (MHz)} = 7.28 * 6 \text{ MHz} = 43.7 \text{ MHz}$$

Se procede igual para determinar el número de portadoras (1.6MHz) para la parte de upstream estableciendo que la modulación que se utilizara es 16-QAM con esto obtenemos una tasa nominal de transferencia de datos de 4.6 Mbps.

$$\# \text{ portadoras} = \frac{72 \text{ Mbps}}{4.6 \text{ Mbps}} = 15.65$$

$$\text{Ancho de banda (MHz)} = 15.65 * 1.6 \text{ MHz} = 25 \text{ MHz}$$

En la figura 74 se observa el plan de frecuencias propuesto, es decir, la distribución del ancho de banda para downstream de la empresa SUPERCABLEFILS.



**Figura. 74.** Plan de Frecuencias propuesto.

Fuente: [El Autor]

#### 5.7.4. Equipamiento necesario para cabecera.

##### Cable Coaxial

El cable utilizado en la cabecera es el coaxial F.59 el cual tiene un blindaje del 98% y no permite interferencia entre canales ya que presenta un conductor central en plata, En la figura 75 se lo puede observar.

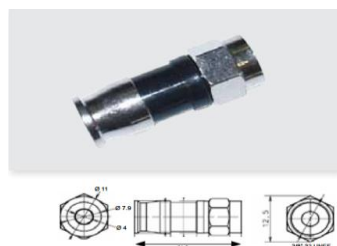


**Figura. 75.** Cable de cabecera F.59  
Fuente: [61].

Especificaciones técnicas	
Material escudo exterior	Aluminio
Material conductor del centro.	De acero chapado en cobre plateado
Calibre de Centro Conductor	20 AWG
Impedancia característica	75 ohm
Tolerancia Impedancia característica	±3 ohm
Resistencia dc	26.20 ohms/kft
Velocidad nominal de propagación (NVP)	85 %
Efectividad de Blindaje en Banda de frecuencia	120 dB @ 5–1000 MHz
Pérdida de retorno estructural	20 dB @ 5–1002 MHz

*Tabla 36. Especificaciones técnicas cable coaxial F.59*  
Fuente: [61].

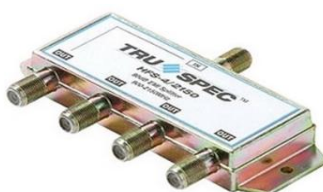
Se utiliza conectores de compresión tipo F para cable 59 en la figura 76 se pueden observar sus características físicas.



**Figura. 76.** Conector tipo F para cable 59.  
Fuente: [61].

### Power Divider – Splitter

Los Splitter a utilizar son de la marca Pico Macom Splitter, de la serie profesional de alto grado de frecuencia TruSpec estos divisores de satélite se fabrican con especificaciones precisas para proporcionar baja pérdida de inserción, el aislamiento de alto rendimiento y pérdida de retorno, son ideales para cabeceras, donde las señales de satélite se dividen a varios receptores y se utiliza en ambos sistemas de distribución de 950-1450 MHz, y 950-2150MHz. El circuito impreso de alta calidad garantiza una transferencia de señal analógica o digital. Puerto F-hilos son mecanizados de precisión, lo que garantiza la instalación del conector y retirar con facilidad, y una interfaz mejorada puerto a conector.



**Figura. 77.** Spliter de Alta frecuencia HFS-4/2150.

Fuente: [62].

Especificaciones técnicas						
	900MHz	1150MHz	1350MHz	1550MHz	1750MHz	2150MHz
Pérdida de inserción (máx. DB )	6.8	7.1	7.7	8.0	8.0	9.4
Aislamiento ( min .DB )	20	20	20	20	20	20
Pérdida de retorno de entrada ( min . DB )	12	12	12	14	12	12
Pérdida de retorno de salida ( min . DB )	12	12	12	14	12	12

*Tabla 37. Especificaciones técnicas de Spliter de alta frecuencia.*

Fuente: [62].

### Receptores Satelitales.

La selección de los receptores satelitales que se van a utilizar no es muy complicada, esto se debe a que en la mayoría de los casos el proveedor del servicio es el que provee el receptor satelital una vez firmado el contrato de retransmisión de la señal, en otros casos se encarga de validar el receptor satelital que va a ser utilizado una vez firmado

el contrato de transmisión de su programación y en otros casos simplemente envía un archivo de configuración una vez firmado el contrato de uso de los contenidos de alta definición con el proveedor.

Una característica importante a tomar en cuenta para seleccionar un receptor satelital, es que para manejar servicios de HDTV, este equipo debería soportar el método de compresión MPEG-4, ya que un servicio de alta definición al ocupar mayor ancho de banda en relación a uno de definición estándar, necesita optimizarse este requerimiento (ancho de banda) de mejor manera y MPEG-2 no es suficiente. El receptor Satelital que se propone utilizar es el Cisco D9865 que se observa en la figura 78 y cuyas especificaciones se detallan en la tabla 38.



**Figura. 78.** Receptor satelital Cisco D9865.

Fuente: [63].

Parámetros	Valores
<b>Sistema</b>	MPEG-2/DVB Compatible EN300 421, EN 300468, H.264
<b>Demodulación</b>	DVB-S QPSK, DVB-S2 QPSK and 8PSK
<i>Sintonizador</i>	
<b>Número de entradas de RF</b>	1
<b>Nivel de entrada</b>	-25 DBm a -65 dBm por portadora
<b>Rango de frecuencia</b>	950 MHz a 2150 MHz
<b>Símbolo Rango de Tarifas</b>	DVB-S: 1.0 to 45 MSymbols/s DVB-S2: 1.0 to 31 MSymbols/s
<b>Satélites</b>	Banda C y banda Ku
<b>Receptor de espectro Sense</b>	Normal e Invertido
<b>Impedancia de entrada</b>	75 Ω
<i>Salida de vídeo Analógica</i>	
<b>Número de canales</b>	1
<b>Tipo de conector</b>	RCA
<b>Tipo de descompresión de Vídeo</b>	MPEG-2 4:2:0, MPEG-4 4:2:0
<b>Nivel</b>	1.0 V pp ±10%
<b>Estándar de vídeo</b>	NTSC y PAL B / G / E / D / M / N, soporta HD conversión descendente
<i>Salida Digital Audio /vídeo</i>	



<b>Número de salidas</b>	1 HDMI salida de digital de audio / vídeo, es compatible con SD a HD de conversión ascendente
<i>Salida de vídeo HD analógica</i>	
<b>Número de salidas</b>	1 componente ( Y, Pb , Pr ) Salida de vídeo analógico HD
<i>Salida de audio analógico</i>	
<b>Número de canales</b>	1 par estéreo o 2 canales mono
<b>Tipo de conector</b>	RCA
<b>Nivel de salida</b>	Desequilibrado , 2 V rms $\pm$ 10 % a 0 dBFS
<b>La descompresión de audio</b>	MPEG 1 Layer 2, Dolby Digital Plus, HE-AAC
<i>Salida de Audio digital S / PDIF</i>	
<b>Tipo de conector</b>	RCA
<i>VBI</i>	
<b>NTSC</b>	Líneas 10 a 22 campos 1 y 2
<b>PAL</b>	Líneas 7 a 22 campos 1 y 2 WST , WSS , VPS
<b>Salidas de datos</b>	Salida Ethernet para datos IP
<b>Conector</b>	RJ-45, 10/100BaseT

Tabla 38. Especificaciones del receptor satelital Cisco D9865

Fuente: [63].

A continuación, se expone un cuadro de los tipos de receptores satelitales que se están usando en el mercado, dependiendo del canal de alta definición que se va a recibir.

<b>Canales</b>	<b>Receptores Satelitales</b>
<b>Fox Sports HD</b>	Cisco D9854
<b>ESPN HD</b>	Cisco D9854
<b>MTVNHD (MTV Live HD)</b>	Cisco D9854
<b>History HD</b>	Motorola DSR 4410 MD
<b>Nat Geo Wild HD</b>	Cisco D9858
<b>FOX HD</b>	Cisco D9854
<b>Discovery Theater HD</b>	Cisco D9858
<b>Universal Channel HD</b>	Cisco D9854
<b>Warner TV HD</b>	Motorola DSR 4410 MD
<b>Sony HD</b>	Motorola DSR 4410 MD
<b>AXN HD</b>	Motorola DSR 4410 MD
<b>Golden HD</b>	Cisco D9854
<b>Cinecanal HD</b>	Cisco D9854

Tabla 39. Receptores Satelitales de canales HD

Fuente: [El Autor]

### Switch para combinación de canales HD

La función de los switches que se manejan actualmente es para la combinación de todas las señales de los canales de televisión en alta definición, en un formato MPEGoIP llamados SPTS's o MPTS's que provienen de los receptores satelitales y combinarlos en un flujo de transporte único que será enviado al equipo Multiplexor-Codificador.

El switch utilizado es un Switch CISCO Catalyst 2960S con 24 puertos 10/100/1000, que además dispone de dos puertos ópticos 10 GbE, para ciertas aplicaciones, que demandan un gran ancho de banda [64].

### Multiplexor-Codificador

El multiplexor es el equipo que se encarga de cambiar el flujo de transporte IP que contiene la señal de todos los canales de alta definición, a varias salidas RF que constituyen las portadoras de los canales de TV, el equipo utilizado es un SEMV12 (Smart Stream Encriptador Modulador) de marca Motorola, el mismo que permite sacar hasta 12 portadoras (señal digital 256 QAM) [65].

#### **5.7.4.1. CMTS (Sistema de Terminación de Cablemódems)**

El CMTS que utilizara la empresa es de marca Cisco modelo uBR10012 también conocido como router universal de banda ancha el cual se puede observar en la figura 79, brinda mayor fiabilidad, rendimiento, escala y densidad.



**Figura. 79.** CMTS Cisco modelo uBR10012.

Fuente: [66].

Es compatible con la entrega a gran escala de los servicios IP, que generan ingresos avanzadas para clientes comerciales y residenciales.

La arquitectura única de Cisco uBR10012 aporta una flexibilidad sin precedentes y la inteligencia de la red de cable con un alto rendimiento consistente y capacidades de enrutamiento sofisticados.

El Cisco uBR10012, está calificado para PacketCable 1.0, DOCSIS 2.0 y Euro-DOCSIS 1.1 y DOCSIS 3.0 bronce, está diseñado para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los operadores de cable. Basado en el software Cisco IOS y con plenas capacidades de enrutamiento de Capa 3, ofrece opciones de red y enrutamiento avanzados [66].

Entrega extremadamente alta disponibilidad con componentes totalmente redundantes, conexiones de backplane redundantes N + 1 RF, redundancia en línea de tarjeta, y soporte de conmutación de estado, que ayudan a garantizar la continuidad del servicio (Figura 80). El Cisco uBR10012 se puede gestionar de forma remota y cuenta con campo de software actualizable y componentes extraíbles en caliente [66].



**Figura. 80.** Componentes y conexiones en Cisco uBR10012.

Fuente: [66].

La tabla 40 muestra algunas especificaciones del CMTS Cisco uBR10012.

Descripción	Especificación
<b>Chasis</b>	18 unidades de rack con dos chasis por rack de 7 pies; peso del chasis totalmente configurado es de 235 libras (106,6 kg); cada chasis de 31,25 pulg. (79,4 cm) de alto, 17.2 pulg. (43,7 cm) de ancho y 22,75 pulg. (57,8 cm) de profundidad
<b>Energía</b>	Voltaje de entrada DC de -48 a -60 VCC con 3000W de consumo de potencia máxima, opción de 230 VCA con 2400W de consumo máximo de energía Otros Opciones de alimentación: 1. Voltaje de entrada DC de -40,5 a -72 VCC con 3300W consumo máximo de energía 2. 230 VAC, 3300W consumo máximo de energía
<b>Temperatura</b>	41-104 ° F (5 a 40 ° C) de funcionamiento y de -40 a 158 ° F (-40 a 70 ° C) no operacionales
<b>Interfaces</b>	Ocho ranuras para tarjetas de línea; cuatro ranuras de interfaz LAN / WAN; interfaces incluyen Gigabit Ethernet y banda ancha SPA
<b>Cumplimiento y emisiones</b>	UL/CSA 60950-1, IEC/EN 60950-1, AS/NZS 60950.1, CAN/CSA 22.2 No. 950-95, EN 300 386
<b>Reguladora</b>	FCC 47CFR15, Class B, CISPR22 Class B, EN55022 Class B, AS/NZS CISPR 22 Class B, ICES-003 Class B, VCCI Class B, IEC/EN61000-3-2, IEC/EN61000-3-3, IEC/EN61000-4-2, IEC/EN61000-4-3, IEC/EN61000-4-4, IEC/EN61000-4-5, IEC/EN61000-4-6, IEC/EN61000-4-11, designed to meet GR-1089-CORE NEBS EMC and Safety, Issue#5, GR-63-CORE NEBS Physical Protection, Issue#3.
<b>El soporte de software</b>	Cisco IOS Software Release 12.3 (13)BC para apoyar PCMM, control de admisión, el modo avanzado DSG, y el SII

Tabla 40. Especificaciones de hardware del router universal de banda ancha.

Fuente: [66].

En la Cabecera se encuentran, además otros equipos para poder brindar los servicios de internet y telefonía como:

- El Switch Ethernet,
- Servidores de respaldo: un servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting), para control de acceso y tarificación y un servidor de contenidos locales y de caching para las páginas más visitadas, servidor de correo electrónico, servidor web.
- Firewall
- Router de borde
- Switch, capa 1 y capa 2

- Servidores con software de seguridad (IDS, IPS), aprovisionamiento, para asignación de anchos de banda y para Telefonía IP.

En la cabecera es muy importante tomar en cuenta todos los equipos necesarios y su configuración para poder ofrecer el servicio de Internet y Telefonía, sin dejar de lado la seguridad y confiabilidad que debe tener la red para evitar amenazas por ataques automáticos y violaciones de seguridad.

Para telefonía utilizaremos un Softswitch marca Denwa modelo DWP-M808A, este es un componente clave para brindar comunicaciones de Voz-Sobre IP (VoIP) incluyendo en su IP-PBX un Controlador de Sesiones de Borde (E-SBC), este brinda la interoperabilidad, supervivencia, seguridad y control de calidad requeridas para conectarse a la red de Internet usando el protocolo SIP, es el punto de control entre la red de VoIP de la empresa y los servicios basados en SIP del Proveedor de Servicios.

Denwa E-SBC permite también la conectividad de extensiones basadas en SIP ubicadas en la LAN de la empresa o extensiones remotas a través de la WAN - resolviendo en el proceso los problemas de "NAT transversal", permitiendo el teletrabajo. Con este equipo la empresa cuenta con un Blindaje, que protege sus comunicaciones ante intentos de ataques.

Para poder utilizar la Telefonía IP en el hogar será necesario tener un teléfono IP o en caso de querer utilizar el mismo teléfono analógico se puede adquirir Gateways y adaptadores analógicos, normalmente conocido como Analog Telephone Adaptor o ATA, que se puede describir brevemente como un dispositivo que convierte señales empleadas en las comunicaciones analógicas a un protocolo de VoIP. Concretamente estos dispositivos se emplean para convertir una señal digital (ya sea IP o propietaria) a una señal analógica que pueda ser conectada a teléfonos o faxes tradicionales, y a la inversa, convierte una señal analógica en una señal digital.

En el caso del Internet se plantea adquirir a un ISP un acceso preferentemente de fibra que iría conectado a un router de borde, el ISP proveerá direcciones públicas, por tal motivo será necesario tener un servidor NAT (Network address Translation), este hará que el router de borde, actué como un agente entre Internet (red pública) y una red local (red privada), esto significa que solo hace falta un rango de direcciones IP públicas para representar a un grupo entero de ordenadores, y para asignar las direcciones IP a cada

abonado u ordenador se utilizara un servidor DHCP o el mismo CMTS si es que posee esta característica.

Giga Ethernet es un estándar que soporta las nuevas innovaciones en tecnologías de networking e incorpora los conceptos de integración sobre IP, calidad de servicio, escalabilidad, servicios administrados, alta velocidad y costo eficiente, el acceso adquirido debe contar con este estándar y vendrá por fibra óptica y si es necesario se pedirá al ISP redundancia en el acceso de fibra, los tiempos de latencia que el ISP debe proporcionar para que el servicio de internet ofertado sea de calidad no serán mayores a 50ms.

El ancho de banda que se pedirá al ISP dependerá del número de usuarios que necesiten el servicio y se utilizará la relación de 8:1 para asegurar un acceso rápido a Internet.

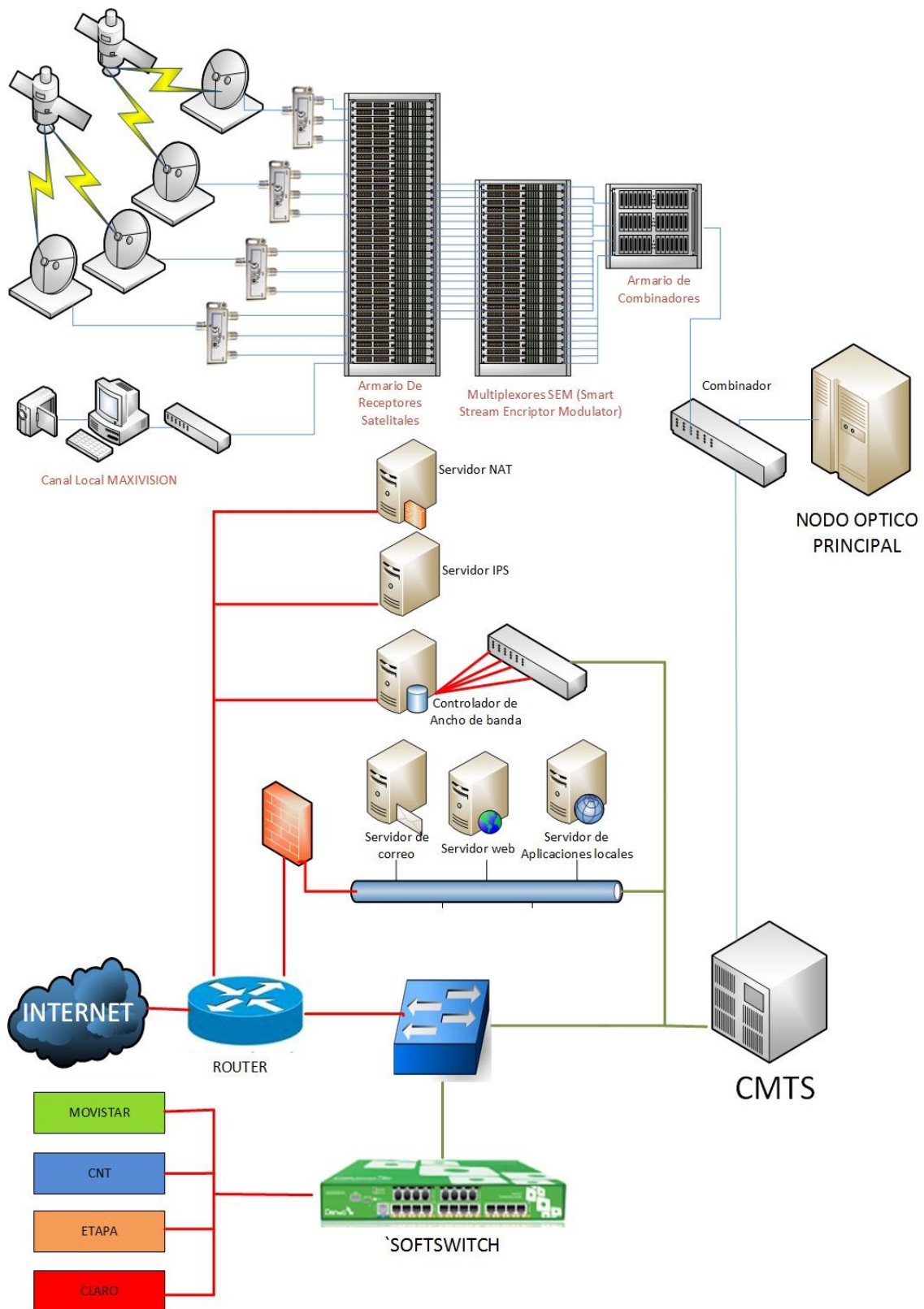
El router de borde posee varias interfaces las cuales pueden ser independientes y dividir la red, en una red Interna manejada solo por el administrador y una red externa a la cual pueden acceder los abonados.

En la red Interna existen varios servidores que manejaran la parte de seguridad como servidores en modo IPS y un servidor con un software propuesto para asignar los anchos de banda para cada usuario (Bandwidth Controller), y una vez que se hayan asignado dichos anchos de banda esto pasara a un switch que multiplezara a todas las señales para finalizar en el CMTS.

Un sistema de prevención de intrusos (IPS) va más allá de la determinación de una actividad o posible actividad ilegal. El IPS además bloquea el host que está intentando realizar esta actividad determinada como ilegal de forma tal que aún en caso de que la actividad pueda ser potencialmente peligrosa, el atacante se quedará impedido de entrar al servicio que ofrecemos puesto que el IPS le bloquea a nivel de red

En la red externa se ubican firewall, servidores de respaldo, el servidor de VoIP y el sistema de aprovisionamiento.

En la figura 81 se observa la distribución final de los elementos de la cabecera.



**Figura. 81.** Propuesta de Diseño de la Cabecera de Supercablefils

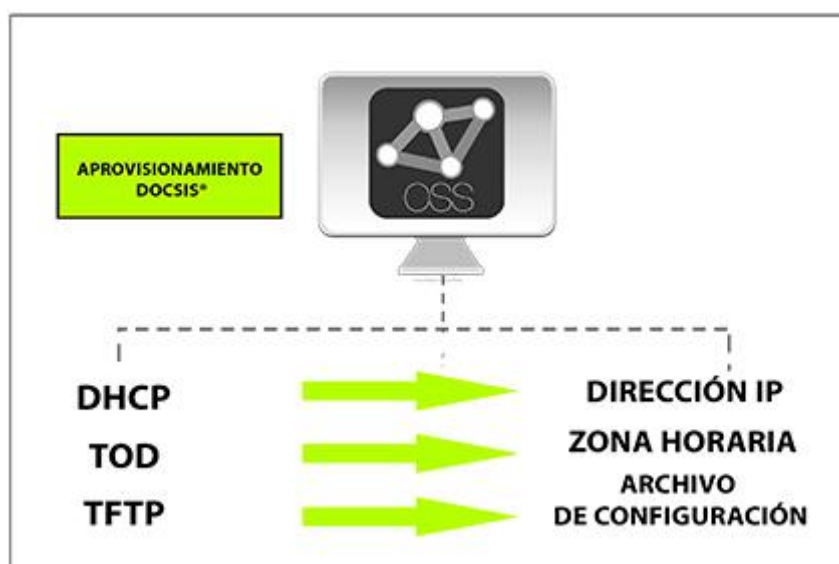
Fuente: [El Autor]

## ➤ Sistema de Aprovisionamiento

Se planea utilizar el sistema de aprovisionamiento Draco OSS ® Module DPD ya que esta es la suite completa de aprovisionamiento DOCSIS basada en el estándar de CableLab que es el estándar que utiliza el CMTS.

Es un software completamente gestionable, es decir, un sistema más sencillo de usar y administrar por ello se convierte en la mejor opción para poder aprovisionar de miles a millones de dispositivos DOCSIS en cuestión de segundos de forma automatizada y totalmente transparente para el cliente como el cable operador [67].

Brinda la posibilidad de crecer ya que soporta expansión de la red y el uso eficiente de los recursos. Maneja una interfaz simplificada, con el fin de reducir al máximo los errores humanos que puedan ocurrir.



**Figura. 82.** Proceso de automatización en estándar DOCSIS

Fuente: [67].

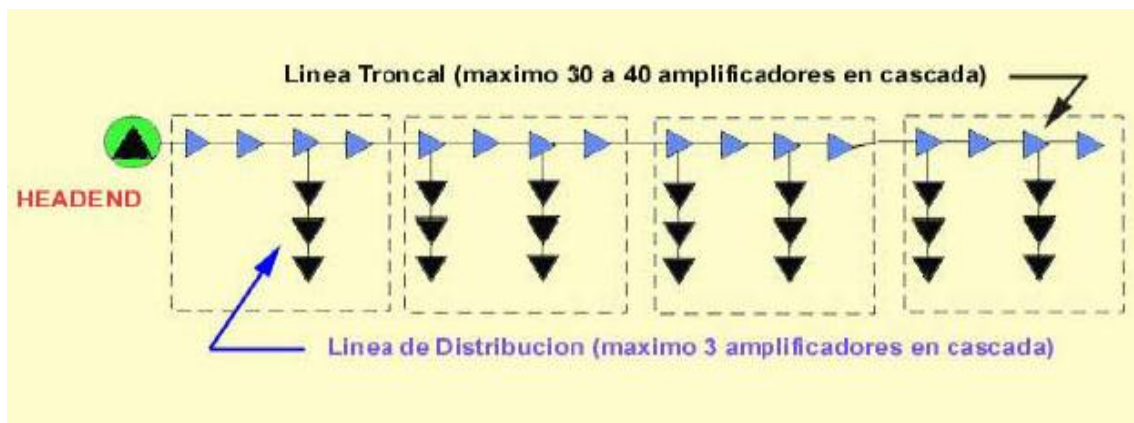
Con Draco® OSS se puede mantener los datos de configuración de seguridad y gestión de privilegios de usuario con varios niveles de seguridad, se puede proteger la información de configuración de inicio de sesión de administrador segura y cifrado de contraseñas, administrador con privilegios de acceso, listas de control de acceso, y los límites de la delegación de la información [67].



## 5.8. Diseño de Planta externa

Fundamentalmente la migración consiste en reemplazar y rediseñar la red Troncal de cable Coaxial por Red Troncal de Fibra Óptica, y sustituir en la red de distribución el cable RG-11 por cable coaxial RG-500 con esto se logra mejorar las características de Ancho de Banda de la Red de Distribución hasta 860 MHz / 1 GHz, además hay que reducir a un máximo de 3 amplificadores RF y cambiarlos de unidireccionales a bidireccionales, y en la red de acometida se utiliza cable coaxial RG-11.

La Empresa "SUPERCABLEFILS" actualmente cuenta con una red CATV de arquitectura tradicional como se muestra en la figura 83.



**Figura. 83.** Esquema básico de arquitectura tipo Árbol y Rama

Fuente: [68].

Consta de dos partes básicas:

- Línea Troncal que se va ramificando con cascadas de 30 o 40 amplificadores
- Línea de distribución que se deriva de la troncal con cascada de 1 bridge + 3 extensores

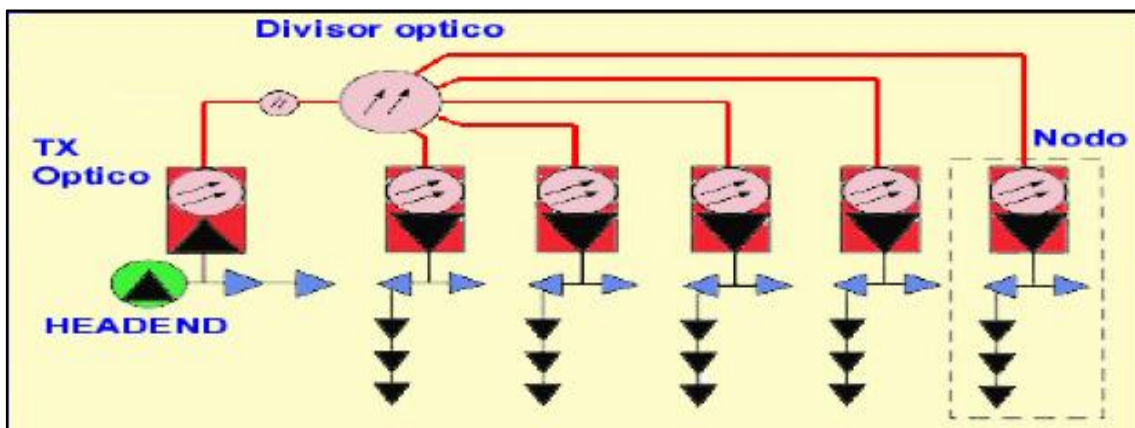
Las conexiones a los usuarios se toman de la distribución, manejan un ancho de banda típico de 220 MHz hasta 550 MHz, con espaciado típico de 22 a 25 dB.

### Características [68]:

- La calidad de la señal es muy dependiente de la ubicación del cliente respecto al headend o cabecera.

- Fluctuaciones de nivel de señal al final de la línea por la gran cantidad de dispositivos en cascada.
- Poco confiable, dado que, la gran cantidad de dispositivos encadenados genera múltiples puntos de falla.
- Inapropiada para servicios bidireccionales:
  - Baja capacidad de retorno compartida entre muchos
  - Efecto de acumulación de ingreso de interferencias.
- Limitación de ancho de banda.

Lo que se quiere obtener es una red HFC como se muestra en la Figura. 84. Esta arquitectura se basa en una estructura celular donde enlaces de fibra óptica vinculan pequeñas celdas (nodos) con la cabecera del sistema.



**Figura. 84.** Migración a red HFC.

Fuente: [68].

#### Características de construcción desde 1990 [68]:

- Tamaño del nodo óptico:
  - 1990 – 1995: 2000 a 5000 hogares
  - 1995 – 2000: 1000 a 2000 hogares
  - 2000 – 2005: 100 a 1000 hogares
- Ancho de Banda:
  - 1990 – 1995: 550 a 750 MHz
  - 1995 – 2000: 750 a 860 MHz
  - 2000 – 2005: 860 a 1000 MHz

### **5.8.1. Consideraciones sobre la cantidad de Fibras.**

**Fiber count:** cantidad de hilos de fibras ópticas que se asignan a cada nodo.

Debe definirse si se va a permitir dividir la señal óptica en la calle, aunque es preferible hacer todo el manejo de las señales ópticas; división, conmutación y combinación en la cabecera o headend.

La mínima cantidad de hilos de fibras ópticas que se usa por nodo son 2 [69]:

- 1 hilo de fibra para directa
- 1 hilo de fibra para reversa

La cantidad de hilos de fibras ópticas recomendadas son de 8 a 12 por nodo óptico [69]:

- 4 hilo de fibras para directa
- 4 hilo de fibras para reversa
- 4 hilo de fibras de reserva

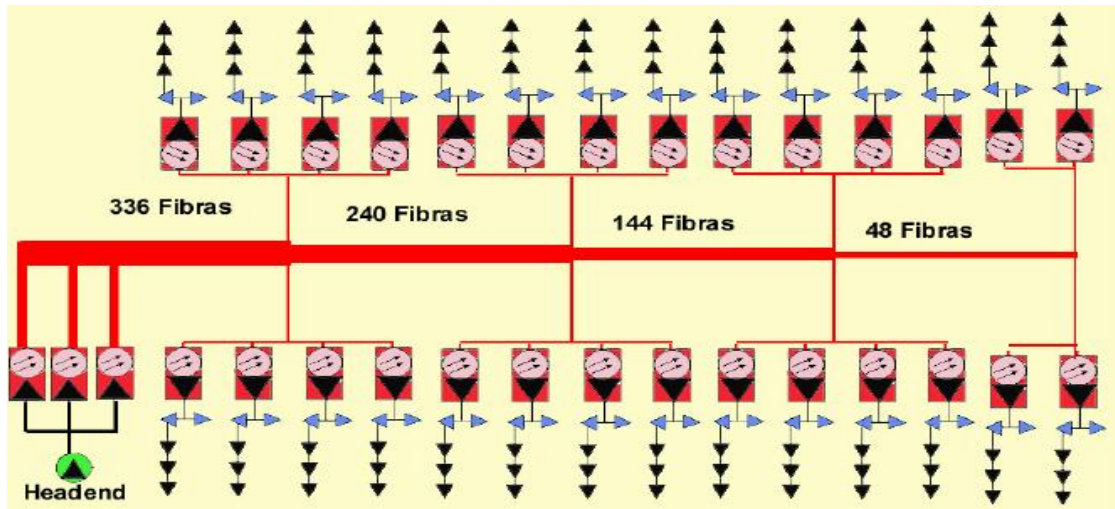
En el diseño se propone usar 6 hilos por nodo:

- 1 hilo de fibra para directa
- 1 hilo de fibra para reversa
- 4 hilos de fibra de reserva

### **5.8.2. Ampliación de las redes HFC.**

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

En sistemas sin redundancias el número de fibras en los cables se irá reduciendo a medida que nos alejamos de la cabecera (Módulo escalonado o decreciente) como se muestra en la siguiente Figura. 85.

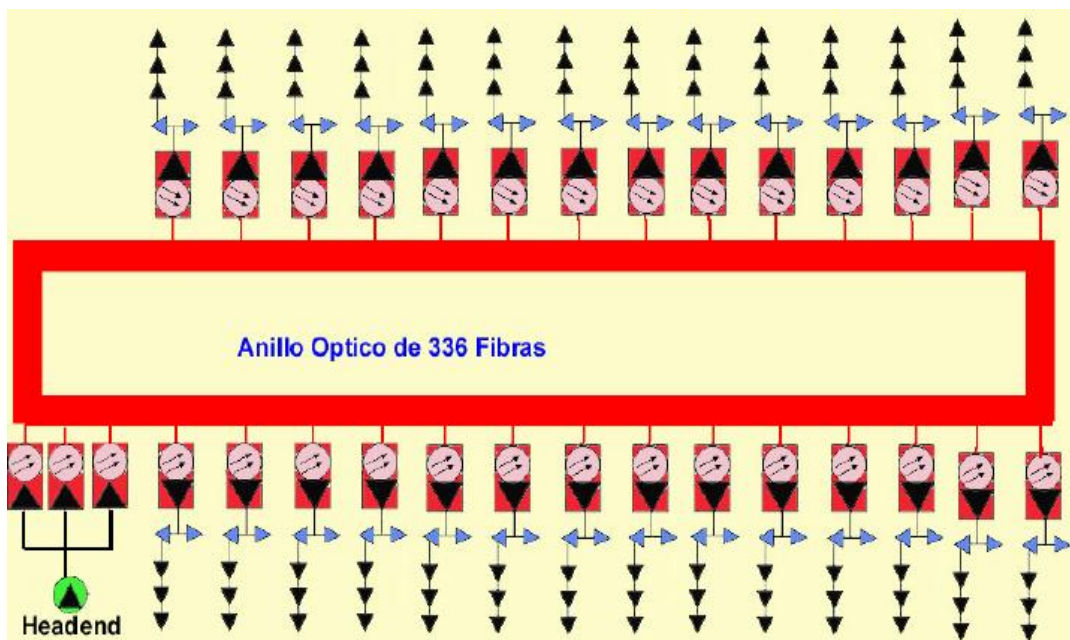


**Figura. 85.** Estrella de fibras - Módulo Decreciente.

Fuente: [68].

En sistemas redundantes tendremos un anillo con cantidad constante de fibras (Módulo constante) como se muestra en la Figura. 86.

Con nodos pequeños se tiene casi la misma cantidad de señal en cualquier punto del sistema.



**Figura. 86.** Anillos de fibra - Modulo Constante.

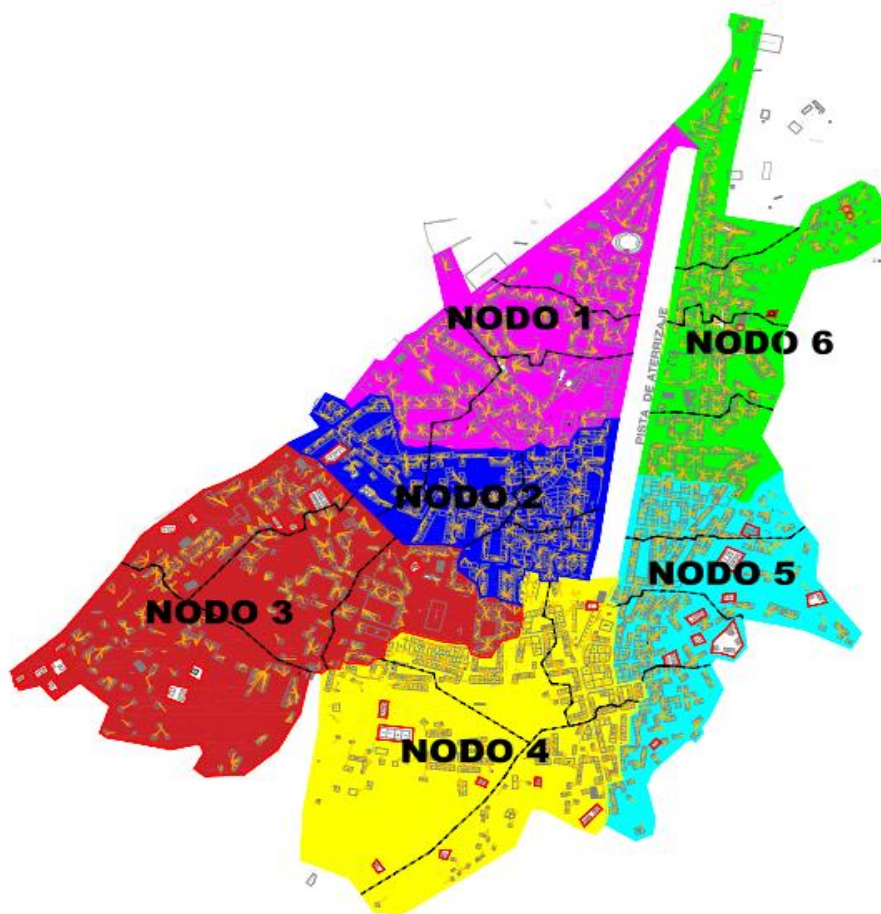
Fuente: [68].

### 5.8.3. Red Troncal de fibra óptica.

Se proyecta utilizar una red troncal de fibra óptica con hilos monomodo que unirán la cabecera con los nodos ópticos finales con estos hilos se podrá reducir los costos para llegar a grandes distancias debido a que no se requiere utilizar amplificadores como actualmente tiene la empresa SUPERCABLEFILS.

La red troncal trabajara en la segunda ventana óptica (1330 nm) para el canal de forward y para el canal de upstream (de retorno), En la segunda ventana, no existen amplificadores ópticos comerciales; por lo que para amplificar la señal en el dominio electrónico hay que efectuar una doble conversión (opto-eléctrica y electro-óptica).

Dado que el diseño se proyecta para 3000 usuarios se plantea utilizar 6 nodos ópticos donde cada uno maneje el tráfico 500 suscriptores y su distribución se observa en la figura 87, y desde los cuales se empezará con la red de Distribución.



**Figura. 87.** Distribución de nodos finales de red HFC.

Fuente: [El Autor]

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

#### **5.8.3.1. Diseño de un enlace óptico**

##### ***Determinación del tipo de fibra óptica.***

Dependiendo de las necesidades de transmisión y longitud del enlace se establecen las siguientes características de cada fibra óptica. Las fibras monomodo cumplen con las siguientes características que determinan su utilización:

- Capacidad de transmitir mayor ancho de banda.
- Enlaces de larga distancia.
- Presentar baja atenuación.

Para la construcción de redes de fibra óptica en Planta Externa (enlaces a nivel metropolitano y troncales) por lo general se trabaja con fibras monomodo para la interconexión entre centrales y nodos de Acceso; para accesos de Última Milla (acometidas de fibra óptica) se puede utilizar fibras monomodo o multimodo.

Generalmente los enlaces de interconexión Central – Nodo a nivel de ciudad, utilizan cables de fibra óptica monomodo bajo la recomendación ITU G.652-D, destinada para enlaces con distancias menores a 40 Km y con costos de inversión que justifican su utilización.

La realización de un análisis de las pérdidas por atenuación en el enlace diseñado, permitirá manejar un criterio técnico durante el proceso de recepción de los enlaces construidos.

##### **Cuantificación de las pérdidas:**

Para cálculos de diseño se establecen los siguientes elementos considerados como puntos de falla en un enlace y que generan una atenuación en la transmisión de datos.

- Empalmes

- Interconexión con equipos (acopladores ópticos)
- Elementos de conexión (pigtailes y patchcords)

### **Atenuación en un enlace de fibra óptica:**

Este valor será determinado por las atenuaciones generadas por los conectores, empalmes y por la longitud del enlace. La suma de todas las atenuaciones indicará el máximo valor de atenuación permitido en el enlace. El valor obtenido en el medidor de potencia deberá ser menor al valor máximo calculado.

### **Cálculo de la atenuación**

Se determinan los siguientes parámetros (de acuerdo a la norma TIA/EIA 568A y el ISO/IEC 11801).

- Coeficiente de atenuación del cable  $C_c$  [dB/Km]
- Longitud del enlace  $L$  [Km]
- Número de conectores  $N_c$
- Perdidas del conector  $L_c$  [dB]
- Número de empalmes  $N_E$
- Pérdida por empalme  $L_E$  [dB]

La máxima atenuación del enlace  $[M]$  se obtiene de la siguiente fórmula:

$$M = C_c \left[ \frac{dB}{km} \right] \times L[km] + N_c \times L_c [dB] + N_E \times L_E [dB]$$

### **Determinación de parámetros constructivos de diseño**

Al diseñar enlaces de fibra óptica, el cable deberá estar considerado para mantenerse en condiciones de mínimos esfuerzos de tensión y curvatura durante el proceso de instalación y operación. Además, deberá proporcionar la flexibilidad técnica necesaria, lo que permitirá generar modificaciones relativas entre la longitud del cable, durante la fase de instalación y funcionamiento en base a las reservas distribuidas a lo largo del enlace. Como prácticamente la terminación del servicio del cable óptico en su conjunto queda definida por la degradación de las protecciones mecánicas ofrecida por sus componentes a las fibras, y por lógica consecuencia la degradación de las capacidades de transmisión de las propias fibras ópticas se define una esperanza de vida de 20 años de servicio como mínimo para el cable óptico.



## Metodologías De Tendido De Fibra Óptica

Para la Implementación de la red se tomará la metodología de Tendido Aérea tomando en cuenta que los permisos por parte de la Empresa Eléctrica ya están facilitados. Teniendo en cuenta las normas técnicas para la instalación y ordenamiento de redes alámbricas aéreas de servicios de Telecomunicaciones, establecidas por el ARCOTEL.

### 5.8.3.2. Requerimientos técnicos

Se utilizará la Especificación DOCSIS 3.0 para el diseño de la red HFC.

El cable de fibra óptica aéreo deberá cumplir con las siguientes características mínimas para las fibras tipo G.652, mostradas en la siguiente Tabla. 41.

CARACTERÍSTICAS	VALOR / DESCRIPCIÓN
<b>Generales</b>	
Recomendación UIT-T	G.652 D
Tipo	Monomodo
Número de fibras	12, 24, 48, 72 y 96 de acuerdo al proyecto (ver volúmenes de obra)
Configuración	Aéreo tipo ADSS para vanos de 90, 120, 200, 300, 500 y 800 m.
<b>De transmisión</b>	
Atenuación máxima garantizada	@ 1310nm, 0.4 dB/km @ 1550nm, 0.3 dB/km
Atenuación típica	@ 1310nm, 0.38 dB/km @ 1550nm, 0.2 dB/km
Atenuación vs. longitud de onda	Para $1285\text{nm} \leq \lambda \leq 1330\text{nm}$ , $\leq 0.1$ dB/km + atenuación a 1310nm. Para $1525\text{nm} \leq \lambda \leq 1575\text{nm}$ , $\leq 0.05\text{dB/km}$ + atenuación a 1550nm.
Atenuación en la cresta de absorción de agua	$\leq 2\text{dB/km}$ @ $1383\text{nm} \pm 3\text{nm}$ .
Uniformidad de la atenuación	No deben existir discontinuidades de atenuación mayores a 0.1 dB para $\lambda = 1310$ y $1550$ nm
Dispersión cromática:	$1310$ nm $\pm 10$ nm



Longitud de onda de dispersión nula.	$\leq 0.092 \text{ ps/nm}^2.\text{km}$
Pendiente de dispersión nula @ 1310nm.	$\leq 3.2 \text{ ps/nm.km @ } 1285\text{nm} \leq \lambda \leq 1330\text{nm}$
Valor de dispersión cromática.	$\leq 17 \text{ ps/nm.km@ } 1550\text{nm}$
Longitud de onda de corte:	$1190\text{nm} \leq \lambda \leq 1280\text{nm}$
Fibra con revestimiento primario. Fibra cableada.	$\leq 1260\text{nm}$
Diámetro de campo modal a 1310 nm	8,6 - 9,5 $\mu\text{m}$ +/- 0,6 $\mu\text{m}$
<b>Geométricas</b>	
Diámetro de revestimiento	$125 \pm 1 \mu\text{m}$
Error de circularidad del revestimiento	$\leq 2 \%$
Error de concentricidad del campo modal	$\leq 0,6 \mu\text{m}$
Diámetro del recubrimiento primario	$245 \pm 10 \mu\text{m}$
<b>Mecánicas</b>	
Características generales	Cable autosoportado (ADSS) totalmente dieléctrico para vanos de 90, 120, 200, 300, 500 y 800 m.
Configuración del cable	ADSS LOOSE TUBE.
Unidad central óptica	El conjunto de fibras con su protección primaria conformará el alma del cable
Elemento central de tracción	Varilla continua de hilos de plástico reforzado con fibra de vidrio FRP
Tubos de protección secundaria Número de fibras ópticas por loose tube	Sistema loose tube, relleno de compuesto dieléctrico taponante multifibra, con tubos plásticos tipo PBT o equivalentes 12 (doce hilos de fibra óptica)
<b>Del núcleo óptico</b>	
Concentración de tubos protectores al núcleo central	Oscilante tipo SZ, con un número adecuado de tubos para alojar todas las fibras ópticas y con adición de cilindros termoplásticos de relleno

	(polietileno de alta densidad o similar) con la finalidad de garantizar la geometría del núcleo.
Sujeción del conjunto central	Encintado helicoidal o transversal empleando cintas de poliéster o similar.
Relleno del núcleo óptico	Compuesto dieléctrico, taponante, homogéneo de fácil limpieza con solventes no tóxicos o tipo bloqueo seco (dry block).
<b>Recubrimiento del núcleo óptico</b>	
Refuerzo externo	Corona de hilados de aramidas impregnadas de un compuesto inundante, distribuidas en forma de capas trenzadas en direcciones opuestas.
Cubierta externa	Debe ser de Polietileno puro y no reciclado de alta densidad. Color negro de tono homogéneo. Debe proveer una protección contra los rayos UV, así como no promover el crecimiento de hongos. Espesor de la cubierta 2.0 mm promedio, mínimo absoluto no menor a 1.8 mm.
Hilos de rasgado	Ubicados a 180 grados entre sí debajo de la cubierta externa y fácilmente distinguibles.
<b>Adicionales de estructura e identificación</b>	
Material bloqueante del agua	A base de gel de petróleo cubriendo los espacios generados en las distintas capas del interior del cable, de características dieléctricas.
Código de colores	Acorde con la norma EIA/TIA 598.
<b>Acondicionamiento</b>	

Longitud de la bobina	Sobre bobinas con longitud de acuerdo a las siguientes especificaciones: Longitud del cable de bobina nominal: 4500m
	Tolerancia en menos:0% Tolerancia en más: 2%
Carretes o bobinas	De madera, construcción robusta, con suficiente resistencia mecánica para que no se produzcan daños en el cable durante el transporte e instalación, impregnados con compuestos no tóxicos para asegurar su integridad física. Diámetro mínimo del tambor 75cm, agujero central del carrete, diámetro entre 10 y 12 cm, con refuerzo central en cada ala lateral con placa de acero fijada con tornillos y bujes de acero.
<b>Mecánicas del cable, acorde a la Recomendación IEC 60794-1</b>	
Fuerza de tracción sin aumento de atenuación (Kgf)	Para vano de 80 m. $\geq 2 \times$ Peso del cable/Km. Para vano de 120 m $\geq 2 \times$ Peso del cable/Km.
Resistencia a la compresión Cable con armadura metálica	$\geq 220$ N/cm
Radio de curvatura mínimo Previo a la instalación En condiciones de servicio	20 veces el diámetro del cable 10 veces el diámetro del cable
<b>Ambientales</b>	
Inmersión en agua 23 +/- 2°C	Atenuación inducida a 1310nm y 1550nm $\leq 0,05$ dB/km
Envejecimiento acelerado (heat aging) 85 +/- 2°C	Atenuación inducida a 1310nm y 1550nm $\leq 0,05$ dB/km

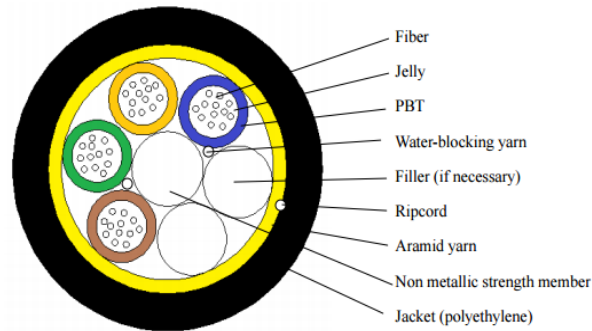
Tabla 41. Características de fibra óptica aérea tipo ADSS G.652D.

Fuente: [70].

Se proyecta utilizar la Fibra Óptica ADSS-24B1.3 se toma este tipo de cable debido a que posee 24 hilos de fibra y este tipo de cable es autoportado, es decir, están

construidos para soportar efectos de elongación debido a cargas de viento o hielo y es ideal para tendido aéreo.

En la siguiente Figura. 88., se puede ver un corte transversal de la ADSS-48B1.3



**Figura. 88.** Cable Fibra Óptica Sección Transversal.

Fuente: [71].

En la Tabla. 42., se despliegan algunas descripciones y el tipo de material de los artículos que conforman el cable ADSS-24B1.3

Artículo	Material	Descripción
Cubierta exterior	Polietileno de alta densidad	2,0 mm de espesor nominal
Fuerza de Miembros	A hilos Ramid	Un miembro de la fuerza ADICIONAL
Binder & Wrapping	Poliéster y arn s	Cable de núcleo de unión
Agua cinta de bloqueo	Agua cinta de bloqueo	El bloqueo de agua y a prueba de humedad
Bloqueo de agua de hilados	Bloqueo de agua de hilados	El bloqueo de agua y a prueba de humedad
De tubo holgado	PBTP	Los colores de los tubos: azul, naranja
Relleno	PP	Mismo diámetro que el tubo

Tubo de llenado compuesto	Gel de Thyrotrophic	Bloqueo de agua y a prueba de humedad
Fibra	Basado en el silicio de la fibra (G.652D)	Fibra de UV de color en secuencia de azul, naranja, verde, marrón, gris, blanco, rojo, negro, amarillo, morado, rosa, azul turquesa
Centro para socios	FRP	FRP
Del Cable	12,5 ± 0,5 mm	
Peso del cable	115 ± 15kg/km	

Tabla 42. Características de los materiales de cable ADSS-24B1.3.

Fuente: [71].

#### 5.8.4. Red de distribución coaxial

Desde cada nodo óptico iniciara la red de Distribución hacia los abonados, lleva las señales provenientes desde la cabecera hasta la última derivación antes de los hogares de los abonados conocidos como Taps, se propone una topología tipo árbol y reducir el número de amplificadores RF a máximo tres, debido a que estos insertan mucho ruido y en consecuencia fallos en la calidad de servicio.

Para el tendido de la red de Distribución de última milla se estableció la utilización de cable coaxial RG-500, para la elección del cable se debe confirmar que cumpla con los siguientes parámetros que son impuestos por el circuito al cual tendrá que ser conectado:

- Impedancia característica
- Frecuencia de trabajo
- Atenuación máxima y/o potencia máxima

El cable coaxial a utilizar es el Coaxial RG-500, con mensajero para que pueda soportar su peso y el peso de los dispositivos activos que se tiendan sobre el mismo.

La normativa exige que no se exceda el número de amplificadores a más de tres para evitar la distorsión de la señal, porque como se sabe al amplificador no solo aumenta la señal, también aumenta el ruido introducido por el cable, etc.

La Tabla. 43, detalla las especificaciones de la interfaz de RF de DOCSIS para el flujo descendente de una planta HFC compatible con DOCSIS.

Parámetro	Valor
Rango de Frecuencia	En el sistema de cable, el rango de operación normal del downstream inicia 50 MHz y llega hasta 860 MHz. No obstante, los valores en esta tabla solo aplican para frecuencias $\geq 88$ MHz
Espaciamiento de los canales de RF (ancho de banda de diseño)	6 MHz
Retraso del tránsito desde la cabecera hacia el subscriptor más lejano	$\leq 0.800$ mseg (típicamente mucho menor)
Relación portadora a ruido en una banda de 6MHz	No menor a 35 dB
Relación de la distorsión portadora a triple batido compuesto	No menor a 41 dB
Relación de la distorsión portadora batido de segundo orden	No menor a 41 dB
Relación portadoras a modulación cruzada	No menor a 41 dB
Relación portadora a cualquier otra interferencia discreta (ingreso)	No menor a 41 dB
Rizado de la amplitud	3 dB dentro del ancho de banda del diseño
Rizado del retraso de grupo en el espectro ocupado por el CMTS	75 ns dentro del ancho de banda del diseño
Microreflexiones por el eco dominante	-20 dBc @ $\leq 1,5$ $\mu$ seg, 30 dBc @ $> 1,5$ $\mu$ seg – 10 dBc @ $\leq 0,5$ $\mu$ seg, -15 dBc @ $\leq 1,0$ $\mu$ seg

Portadora de la modulación por zumbido (hum)	No mayor a -26dBc (5%)
Ráfagas de ruido	No mayor a 25µseg a una tasa promedio de 10Hz
Nivel máximo de la portadora de video analógica a la entrada de CM	17 dBmV
Número máximo de portadoras analógicas	121

Tabla 43. Especificaciones de la interfaz de RF de DOCSIS.

Fuente: [72].

#### 5.8.4.1. Equipamiento de la red de distribución.

##### ➤ Elementos Activos.

Dentro de la red de distribución de la red HFC, los elementos activos son aquellos que necesitan de alimentación eléctrica para su funcionamiento, entre los elementos activos tenemos a los amplificadores de señal y el nodo óptico.

##### Fuente de Alimentación Eléctrica

La red HFC posee elementos activos, los mismos que para su funcionamiento necesitan alimentación eléctrica. La fuente de alimentación está constituida por un inversor y dos bancos de baterías que contienen 3 baterías cada uno. La autonomía que proveen estos dos bancos de baterías en caso de un corte del suministro eléctrico es de 8 horas en condiciones normales.

La fuente de alimentación tiene como objetivo realizar la alimentación eléctrica de los elementos activos de la red HFC, tiene un voltaje de entrada de 120 voltios alternos que lo obtiene del suministro eléctrico público y un voltaje de salida que proporciona a la red HFC de entre 60 y 90 voltios con una onda semi-cuadrada.

La fuente está formada por tres módulos: un módulo transformador, un módulo inversor y un módulo de comunicaciones, además posee dos bancos de baterías de 3 baterías cada uno para el respaldo eléctrico en caso de que la alimentación provista por el suministro eléctrico falle.

### Módulo Transformador

El módulo transformador tiene la función de convertir la señal de voltaje de entrada de 120 voltios alternos a una señal de un rango de 60 a 90 voltios semicuadrada a la salida.

### Módulo Inversor

Este módulo entra en funcionamiento cuando la fuente deja de recibir la alimentación eléctrica provista por el suministro eléctrico público y su función es la de convertir el voltaje de la batería de corriente continua a corriente alterna para que por medio del módulo transformador cambie la señal de voltaje de 120 voltios alternos a la onda semicuadrada de entre 60 y 90 voltios.

### Banco de Baterías

Las baterías tienen la función de ser el respaldo eléctrico de la fuente en caso de que el suministro eléctrico público deje de alimentar a la fuente.

La fuente de alimentación a utilizar es de marca Alpha modelo XM2-HP 906G5 la que se colocara en un Alpha PWE Enclosure junto a las baterías de respaldo.

### **Nodo Óptico**

Es un dispositivo electrónico activo que permite realizar la conversión de una señal óptica a una señal eléctrica y viceversa, en estos pequeños armarios se encuentran concentradas las mejores funciones de las telecomunicaciones. El nodo óptico a utilizar es de marca Scientific Atlanta Modelo 6940.

### **Amplificadores**

Los amplificadores son dispositivos electrónicos que como su nombre lo indica amplifican la señal transmitida, esto con el objetivo de compensar las atenuaciones que sufre la señal a lo largo de su trayecto por los cables coaxiales, esto permite que la señal original transmitida desde el nodo óptico pueda llegar a los clientes finales de forma inteligible y sin distorsión.

Los dos tipos de amplificadores a utilizar dentro de la red de distribución de la red HFC son:



- Extensores de Línea (Line Extender): Son dispositivos que permiten amplificar la señal en un ancho de banda de 5-42/54-1002 MHz, que tienen una sola entrada y una sola salida, son de marca Scientific Atlanta de la gama Gain Maker.
- Bridge Trunk: Es de marca Scientific Atlanta de la gama Gain Maker es un sistema amplificador triple desequilibrado es desequilibrado porque ofrece una salida de RF de nivel bajo para el tronco y dos salidas de nivel alto (bridger) para la red de distribución.

### **Elementos Pasivos.**

Los elementos pasivos son aquellos elementos que no necesitan de alimentación eléctrica para su funcionamiento, en relación a la red HFC los elementos pasivos pueden ser taps, acopladores, splitter, y el elemento principal que es el cable coaxial.

### **Cable Coaxial**

Se utiliza cable coaxial para distribuir la señal hasta el usuario final, el cable coaxial presenta la característica de que permite el paso de las señales de datos provenientes del nodo óptico y el paso de la corriente eléctrica que permiten la alimentación de los dispositivos activos dentro de la red HFC, esto se debe al efecto piel que permite el paso de señales de alta frecuencia por la periferia del conductor y las señales de baja frecuencia (corriente eléctrica) por la parte media del conductor.

El cable coaxial que se utiliza es distinto dependiendo de la función que cumpla dentro de la red, en virtud de esto se utilizan los siguientes tipos de cables coaxiales:

- Cable Coaxial 500
- Cable Coaxial RG11
- Cable Coaxial RG6

#### Cable coaxial 500.

Este tipo de cable coaxial se lo utiliza para conectar a los cuatro puertos coaxiales que dispone el nodo óptico y distribuir la señal hacia el primer amplificador que se tiene en el ramal, además de realizar la alimentación eléctrica del nodo óptico también permite conectar desde el primer amplificador hasta el TAP del cliente, por lo que constituye la parte que se la conoce como red express de la infraestructura HFC, que permite realizar

la alimentación eléctrica a la red HFC, ya que su conductor central al tener aluminio y cobre, permite que la que circulen señales de alta y baja frecuencia por el mismo conductor. Por la parte interna de cobre del conductor central pasan las señales de baja frecuencia como la alimentación eléctrica y por la parte externa del conductor central de aluminio circulan las altas frecuencias a esto se le denomina efecto piel.

Este cable se lo llama 500 debido a que tiene un diámetro de 0,500 pulgadas, tiene una impedancia característica de 75 ohmios y su atenuación está en función de la temperatura y de la frecuencia. Por lo que si se considera una temperatura de 20 grados centígrados a mayor frecuencia se tiene una mayor atenuación como se observa en la tabla 44.

<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>Atenuación (dB/100 m)</i>
<b>5</b>	0,52
<b>55</b>	1,77
<b>83</b>	2,17
<b>211</b>	3,58
<b>250</b>	3,94
<b>300</b>	4,3
<b>350</b>	4,69
<b>400</b>	5,02
<b>450</b>	5,35
<b>500</b>	5,67
<b>550</b>	5,97
<b>600</b>	6,27
<b>750</b>	7,09
<b>865</b>	7,68
<b>1000</b>	8,27

*Tabla 44. Atenuación de cable coaxial 500 en relación a la frecuencia*

### Cable Coaxial RG6

Este tipo de cable coaxial se lo utiliza para conectar desde el TAP hasta el equipo del cliente, ya sea un Cable Módem, un MTA o un decodificador, a esta parte de la red se la conoce como acometida, se tiene como norma utilizar cable RG6 para acometida de casas, o para instalaciones individuales, su atenuación se observa en la tabla 45.

<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>Atenuación (dB/100 m)</i>
1	1,25
10	2,30
50	4,85
100	6,59
200	9,38
400	13,87
700	19,55
900	22,83
1000	24,44

*Tabla 45. Atenuación de cable coaxial RG-6 en relación a la frecuencia*

### Cable Coaxial RG11

Este tipo de cable coaxial se lo utiliza para conectar desde el TAP hasta el equipo del cliente, ya sea un Cable Módem, un MTA, o un decodificador, a esta parte de la red se la conoce como acometida, se tiene como norma utilizar cable RG11 para acometida de edificios o conjuntos residenciales debido a que la señal se va a distribuir a una mayor cantidad de equipos que en una casa y ya que presenta menor atenuación en comparación a un cable RG6, su atenuación se observa en la tabla 46.

<i>Frecuencia (MHz)</i>	<i>Atenuación (dB/100 m)</i>
1	0,17
10	0,45
50	0,89
100	1,21
200	1,68
400	2,37
700	3,27
900	3,77
1000	3,95

*Tabla 46. Atenuación de cable coaxial RG-11 en relación a la frecuencia*

## **TAP**

Es un elemento pasivo dentro de la red HFC que sirve como interface entre la sección de distribución de la red HFC y la acometida del cliente. El TAP tiene una entrada directa, una salida directa y tiene varias salidas TAP o atenuadas que son las que se conectan a las acometidas del cliente. La denominación que se utiliza para nombrar a los TAP's consta del valor de atenuación que se efectúa en cada puerto TAP y el número de salidas atenuadas que dispone ese TAP.

Los TAP's que se utilizan en la red pueden tener 2, 4 y 8 salidas atenuadas y la atenuación que se produce en cada una de esas salidas puede ser de 26dB, 23dB, 20dB, 17dB, 14dB, 11dB, 8dB y 4dB.

Por lo anteriormente expuesto se pueden tener TAP's con una atenuación de 11 dB de 2, 4 y 8 salidas, taps con atenuación de 8 dB de 2 y 4 salidas y taps con atenuación de 4 dB de 2 salidas.

Existen otros tipos de TAP's que poseen una entrada, y las salidas atenuadas, pero no disponen de una salida directa; estos TAP's se los conoce como Tap Terminal y constituyen el último elemento de la sección e distribución de la red HFC.

## **Splitter o Divisor**

El splitter o “divisor” es un elemento pasivo que posee una entrada directa de RF y puede tener dos y tres salidas de RF. En los splitters que poseen dos salidas, ambas salidas tienen la misma amplitud de señal y pierden 3.5 db en cada salida. En los splitters que poseen tres salidas, dos de las salidas tienen una atenuación de 7 dB de la señal de entrada, y la otra salida tiene una atenuación de 3.5 dB de la señal de entrada.

## **Acopladores**

Es un elemento pasivo que posee una entrada de RF y dos salidas de RF, una de las salidas RF, es una salida directa (la amplitud de la señal de entrada es igual a la señal de salida), mientras que la otra salida es una salida atenuada, la numeración de los acopladores está en función de la atenuación en dB que posee la salida RF con atenuación.

Los Taps, acopladores y divisores son de la marca HOLLAND.

### **5.8.5. Red de acometida coaxial**

Esta red se dirige hasta la casa del usuario, se hace mediante derivaciones o taps (generalmente múltiples) desde el cable de la red de distribución, con un cable coaxial flexible (típicamente unos 50m).

Los defectos en el cableado y conectores de esta parte de la red constituyen el principal foco de captación de perturbaciones en la red.

Partiendo de esta estructura de redes HFC, la cual ofrece servicios de TV, es necesario añadir una serie de elementos para que poder ofrecer servicios de voz y datos, lo cual implica la activación del canal ascendente el cual tiene muchos inconvenientes.

La banda de frecuencias reservada para el canal ascendente es la comprendida entre 5 y 55 MHz. Este espectro se ve afectado por señales interferentes a lo que se denomina efecto embudo (noise funneling), ya que el ruido se añade en cada punto de la red. Dicho ruido comprende las interferencias de banda estrecha (ingress) y el ruido impulsivo, que puede también ser de origen interno.

#### **EQUIPOS TERMINALES DE USUARIO**

##### **Cable módem**

Es un equipo terminal de usuario cuya función es la de poder brindar a los usuarios de SUPERCABLEFILS el acceso al servicio de Internet.

El cable módem dispone de un puerto RF el que permite la conexión hacia el cable coaxial RG6 que trae la señal desde la red de distribución HFC, posee un puerto RJ45 para poder conectar hacia la PC y poder disponer del servicio de Internet.

Los cable módems que se proponen son:

- Cisco (scientific atlanta) modelo DPC2420.
- Motorola SBG940 Cable Modem inalámbrico.

##### **Multimedia Terminal Adaptor**

Es un equipo terminal de usuario cuya función es la de poder brindar a los usuarios de SUPERCABLEFILS el acceso al servicio de telefonía.

El MTA dispone de un puerto RF el mismo que permite la conexión hacia el cable RG6 que trae la señal desde la red de distribución HFC, posee un puerto RJ45 para poder conectar hacia una PC y poder disponer del servicio de Internet si es que lo tiene contratado. Y a diferencia del cable módem dispone de un puerto RJ11 para poder conectar hacia un teléfono.

Los MTA que se proponen son:

- InnoMedia MTA 6328Re.
- Thomson twg870

### **Set-Top Box**

Es un equipo terminal de usuario el mismo que permite decodificar la señal de televisión que se emite a través de la red HFC, el decodificador posee varios puertos RF que permiten la conexión al cable RG11 y de ahí a la televisión.

Los Set-Top box a utilizar son:

- Pico digital
- Motorola 7100-P2 HD Set-Top Box

## **5.9. Consideraciones genéricas del diseño de red HFC**

Una de las consideraciones genéricas es el levantamiento catastral, el mismo que se lo hace caminando por el lugar donde se desee diseñar, tomando en cuenta todos los requerimientos que son utilizados para el posterior diseño del área levantada. Teniendo especial cuidado de tomar todos los datos para no regresar dos veces al mismo lugar.

### **5.9.1. Requerimiento de los planos**

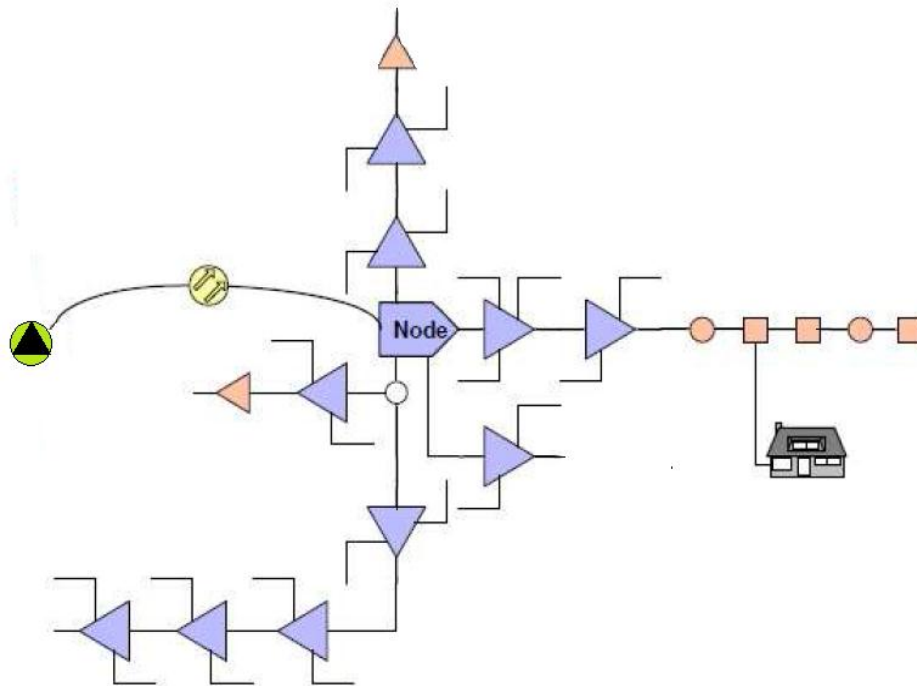
Dentro de las consideraciones genéricas tenemos el requerimiento de los planos de la red HFC:

- Calles primarias y secundarias indicadas en el plano digital.
- Los nombres de las calles deben de estar indicadas en el plano verificado en campo durante el levantamiento.

- Indicar las distancias entre postes.
- Límite de la ciudad marcado en los planos
- Levantamiento de postes
- Conteo de casas
- Áreas que no se van a diseñar indicadas en el plano.
- Conteo potencial de casas, indicado por cada poste en formato de texto.
- Indicar en los planos la información de los apartamentos.
- Indicar en los planos las acometidas fuera de las normas.

### 5.9.2. Arquitectura de la red

Para el presente trabajo emplearemos la arquitectura de red más usada como se muestra en la figura 89, donde, se introduce dentro de la red segmentándola, reduciendo las cascadas de amplificadores e incrementando el desempeño, confiabilidad y reduciendo así el alto costo por uso de amplificadores, también se incrementa la capacidad de desempeño del retorno. El cable de fibra óptica es inmune a los tradicionales problemas como las variaciones de Temperatura e interferencias de RF.

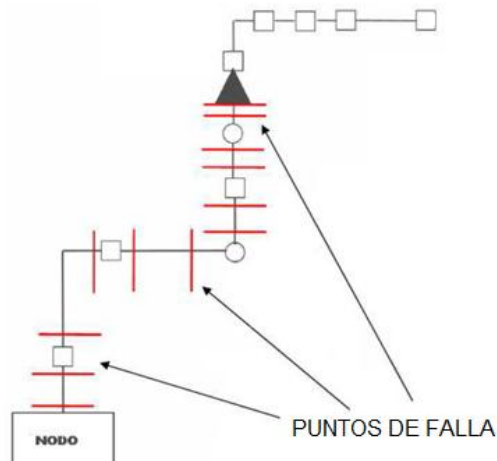


**Figura. 89.** Arquitectura HFC.

Fuente: [El Autor]

### 5.9.3. Diseño de la red hfc.

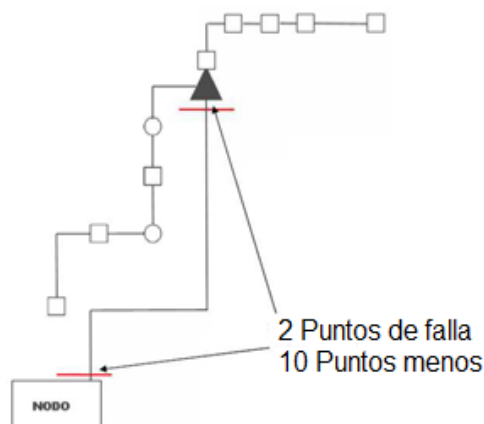
El presente diseño consiste en que la distribución se hace a partir del nodo y cuando los niveles de señal sean muy bajos se colocarán amplificadores en cascada como se muestra en la figura 90, el problema de este tipo de diseño son los múltiples puntos de falla al estar cercada la red que interconecta los amplificadores con el nodo.



**Figura. 90.** Puntos de posibles fallas en el diseño convencional HFC.

Fuente: [El Autor]

Se presenta una Arquitectura estratégica de niveles de banda ancha para aumentar confiabilidad, esta arquitectura también conocida como blaster, consiste en crear una red troncal exclusiva para los amplificadores tal como se ilustra en la figura 90, totalmente separada a la salida de la red de distribución de cada amplificador, logrando así reducir considerablemente los puntos de falla, aumentando su confiabilidad.

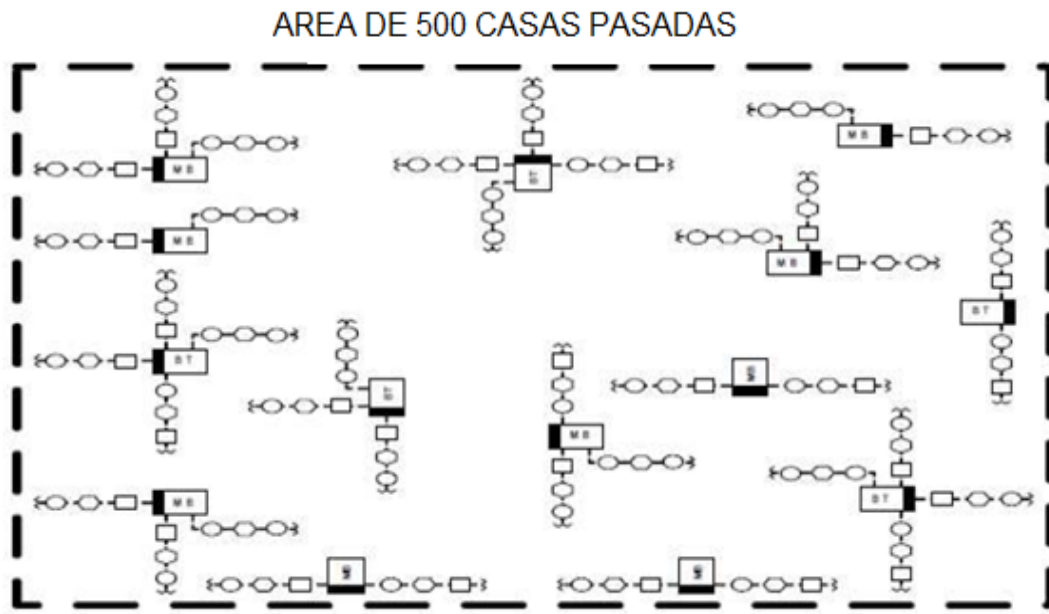


**Figura. 91.** Puntos de posibles fallas en el diseño blaster.

Fuente: [El Autor]

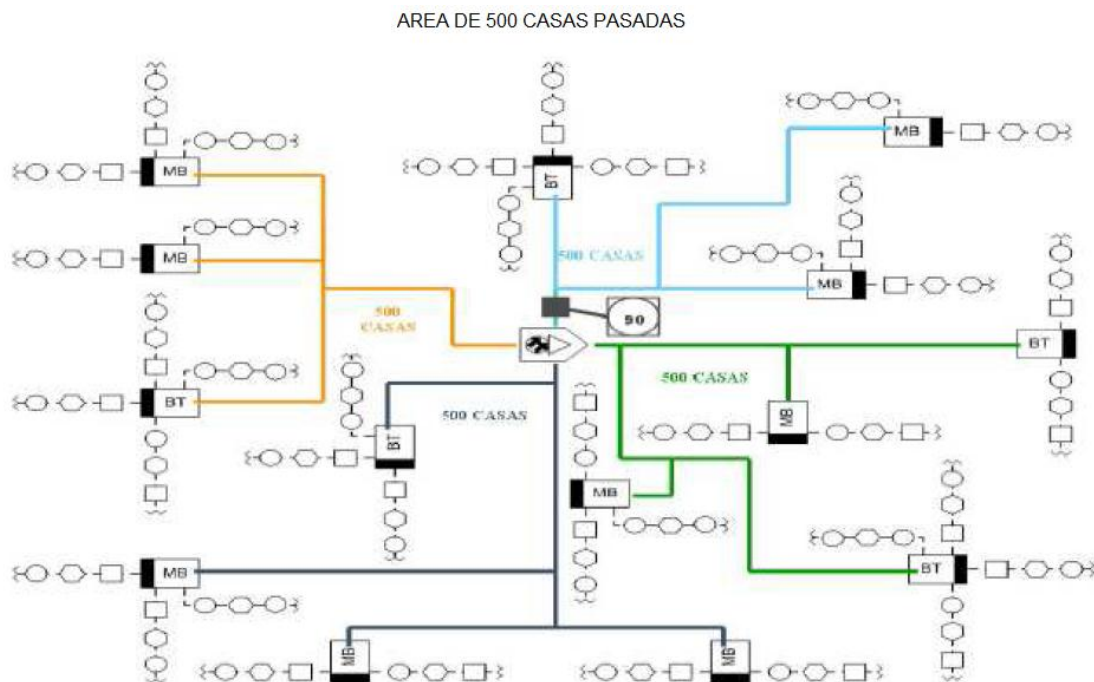


En el diseño estratégico de banda ancha o blaster se coloca el nodo en el centro de la densidad, un nodo soporta 500 casas, y luego se segmenta en células las cuales están conformadas por los amplificadores, las células se interconectan por medio de la red troncal entre amplificadores, la distribución sale de cada amplificador para cubrir cada uno su propia célula, como se ilustra en la figura 92 y 93.



**Figura. 92.** Segmentación en Áreas de servicio

Fuente: [El Autor]



**Figura. 93.** Diseño Blaster

Fuente: [El Autor].

Se coloca el nodo y se conectan las células. El número de activos por cada rama es determinado por la densidad y el tamaño del nodo.

Como se necesita dar cobertura a un área de 3000 casas se requiere segmentar el área en grandes células conformadas por nodos, los cuales se reparten la demanda.

## 5.9.4. Cálculos del Diseño HFC.

### 5.9.4.1. Presupuesto Óptico

#### *Nivel de señal en Nodos ópticos*

- Según hojas de datos los nodos tienen un nivel óptico de entrada recomendado entre  $-3$  y  $+2.0$  dBm.
- Se adopta un nivel de 0dBm.
- Se utiliza 1310nm de longitud de onda, tanto en downstream como en upstream.

#### *Arquitectura*

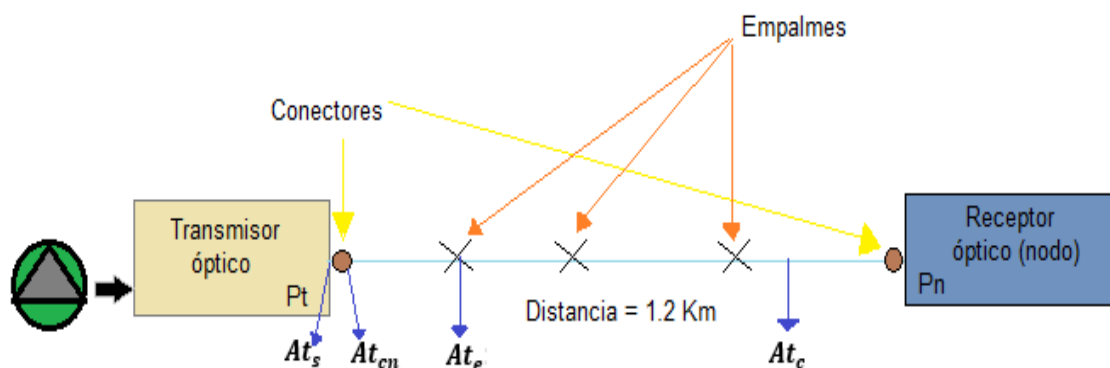
Para la red de fibra óptica que alimenta los nodos se adopta una arquitectura tipo estrella.

Se propone utilizar 2 transmisores ópticos con un nivel de división a la salida de 1:4.

Se evitó utilizar un solo Tx para que toda la población no dependa de un solo equipo.

De esta forma quedan 4 nodos alimentados del primer Transmisor óptico, y los otros dos nodos restantes del segundo Transmisor óptico, quedando 2 salidas para futuras ampliaciones.

#### Cálculo de presupuesto



$$P_n = P_t - At_c * D - At_e * \#empalmes - At_s - At_{cn} * \#conectores$$

Donde:

$P_n$ : potencia de entrada en nodos ópticos

$P_t$ : potencia de salida de Transmisor óptica. → (10 dBm)

$At_c$ : atenuación del cable @ 1310nm → (0.35 dB/km)

$At_e$ : atenuación de empalmes → (0.01dB x empalme)

$At_s$ : atenuación de splitters ópticos → (típico 7dB)

$At_{cn}$ : atenuación conectores → (0.5dB)

$D$ : Distancia máxima desde headend hasta nodos: 1200 m

$\#empalmes$ : 3

$\#conectores$ : 2

$$P_n = 10 \text{ dBm} - 0.35 \frac{\text{dB}}{\text{Km}} * 1,2\text{Km} - 0.01 \frac{\text{dB}}{\text{empalme}} * 3 \text{ empalme} - 7 \text{ dB} - 0.5 \frac{\text{dB}}{\text{conector}} * 2\text{conector}$$

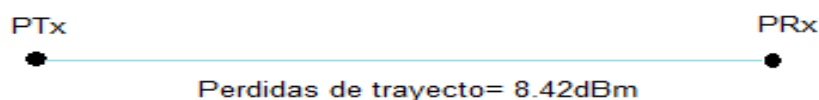
$$P_n = 1.58 \text{ dBm}$$

Teniendo 2 Transmisores ópticos (Tx) de 10 dBm cada uno, se adoptan nodos ópticos Scientific Atlanta modelo 6940 ya que posee un receptor con un rango óptico de entrada de -3 a +2 dBm.

#### 5.9.4.2. Análisis de OSNR.

La Relación Óptica Señal a Ruido (OSNR, Optical Signal – Noise Ratio) especifica la relación de la potencia de la señal de red con la potencia de ruido neta y por lo tanto indica la calidad de la señal.

Los dispositivos activos, como el láser, se suman al ruido, los dispositivos pasivos, tales como la fibra, también puede agregar componentes de ruido.



Potencia de transmisor = 10dBm (6mW a 20mW) @ OSNR= 59 dB

$$P_{RX} = P_{in} = 10\text{dBm} - 8.42\text{dBm} = 1.58 \text{ dBm}$$

$$OSNR = \frac{P_{in}}{h * f * B_o * NF}$$

Donde:

$$h = \text{constante de Planck} = 6.626069 \times 10^{-34} \text{ J}$$

$$B_o = \text{ancho de banda optico de la senal en Hz}$$

$$NF = \text{figura de ruido} = 11$$

$$f = \text{frecuencia central}$$

$$P_{in} = \text{potencia de entrada.}$$

Para establecer el ancho de banda óptico de la señal en Hz recurrimos al rango de trabajo del receptor de donde se obtiene que:

$$B_o = \text{limite superior} - \text{limite inferior}$$

$$B_o = 870 - 54 = 816 \times 10^6 \text{ Hz}$$

$$OSNR_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_{in}}{h * f * B_o * NF} \right)$$

$$OSNR_{dB} = P_{in,dBm} + 301.7874 - 10 \log f - 10 \log B_o - NF_{dB}$$

$$OSNR = 1.58 + 301.7874 - 186.5983 - 89.11 - 18.5 = 9.15 \text{ dB}$$

Transformamos de dB a unidades adimensionales.

$$59 = 10 \log x$$

$$9.15 = 10 \log x$$

$$x = 10^{5.9} = 794328.23$$

$$x = 10^{0.915} = 8.222$$

$$\frac{1}{OSNR_F} = \frac{1}{OSNR_{Tx}} + \frac{1}{OSNR_{Rx}}$$

$$\frac{1}{OSNR_F} = \frac{1}{794328.23} + \frac{1}{8.222}$$

$$OSNR_F = 8.22 \quad \rightarrow \quad OSNR_{F,dB} = 10 \log 8.22 = 9.15 \text{ dB}$$

Al no haber amplificador el nivel de ruido es muy bajo y no constituye un factor limitante. El OSNR mínimo en el receptor debe ser 10 dB, y hemos calculado 9.15.

### 5.9.4.3. Diseño de la red de Distribución.

En primera instancia se realiza el cálculo de la cantidad de señal que debe existir en la boca de los taps, es decir, la cantidad de señal que se debe asegurar para cada usuario tanto para Forward (downstream) como para Retorno (upstream).

#### ➤ NIVELES EN BOCA DE TAPS

##### ***Nivel en señal en Set Top Box (STB)***

- según hojas de datos: -25 a -60 dBm

Las unidades que se usan en TV cable es el dBmv como valor absoluto, y el dB como valor relativo entre 2 niveles (por ejemplo, ganancia o atenuación)

Pasamos de dBm a dBmv

$$\text{dBmv} = 48.75 + \text{dBm} (@75\text{ohm})$$

luego:

$$\text{máx} : 48.75 - 25 \text{ dBm} = \mathbf{23.75 \text{ dBmv}}$$

$$\text{mín} : 48.75 - 60 \text{ dBm} = \mathbf{-11.25 \text{ dBmv}}$$

Esos son los valores que se debe que asegurar que llegue a los STB Se propone un valor ideal de 0dBmv

##### **Nivel en cablemodem**

Según DOCSIS (la norma que regula la tecnología de los equipos de datos en las redes HFC) los niveles de señal en los cablemodem dependen del esquema de modulación que se adopte, pero vamos a suponer lo recomendado por Docsis 3:

- downstream -15 a +15 dBmv , ideal 0dBmv
- upstream: +35 a +52 dBmv

Tomando en cuenta que el cable que se utiliza mayormente en acometidas es el RG-6 tenemos:

Atenuación (dB) en cable de drop RG6		
Frecuencia (Mhz)	100m	50m
5	1.9	0.95
42	4.5	2.25
54	5.25	2.62
860	20.01	10.0

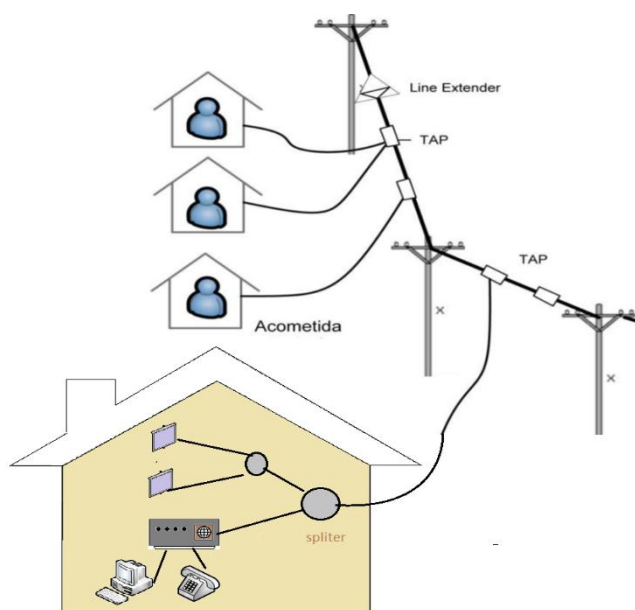
La empresa asegurara esta señal máxima para dos televisores por ello tomamos en cuenta la atenuación de los splitter x2 que se utilizaran.

Atenuación (en dB) splitter x 2 domiciliario	
Frecuencia (Mhz)	Atenuación.
5	3.5
42	3.7
54	3.5
860	3.9

#### Nivel necesario en boca de tap

Considerando:

- 50m de cable RG6
- 1er splitter para separar datos de video
- 2° splitter para alimentar 2 TVs



**Figura. 94.** Acometida del Usuario

Fuente: [El Autor]

## Niveles de diseño

### Downstream:

- Para TVs:

$$\text{Nivel de señal a 54 MHz} = 0 + 3.5 + 3.5 + 2.62 = 9.62 \text{ dBmv}$$

se adopta **10dBmv como mínimo**

$$\text{Nivel de señal a 860 MHz} = 0 + 3.9 + 3.9 + 10.0 = 17.8 \text{ dBmv}$$

se adopta **18 dBmv como máximo**

- Para datos resulta (los CM trabajan a 860 o menos):

$$\text{Nivel de señal a 860 MHz} = 18 - 3.9 - 10.0 = 4.1 \text{ dBmv}$$

Valor que está dentro del rango que acepta el cable modem.

### Upstream:

- Datos:

$$\text{Nivel de señal a 5 MHz} = 52 - 3.5 - 0.95 = 47.55 \text{ dBmv}$$

se adopta **47 dBmv como mínimo**

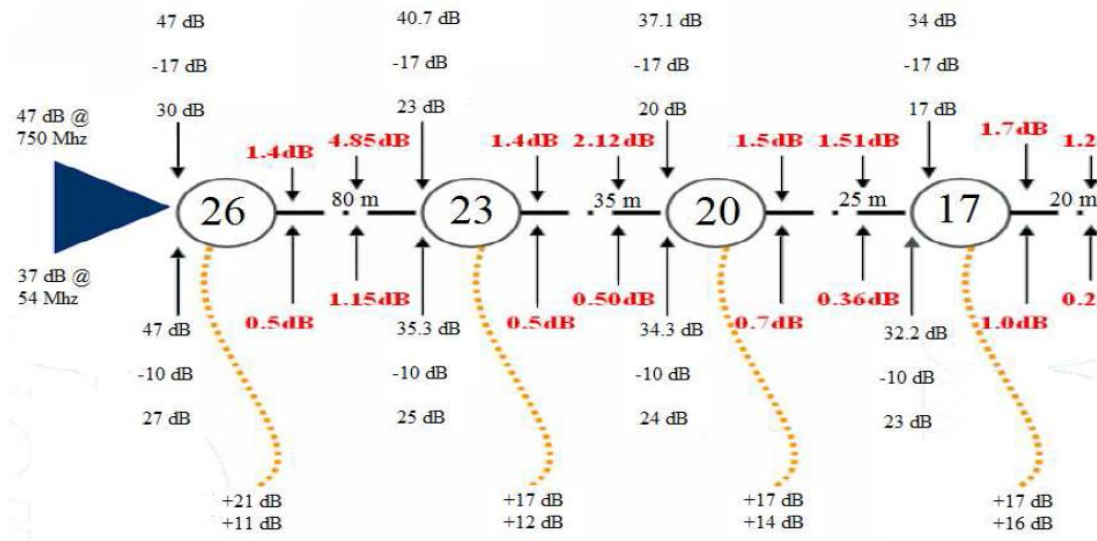
$$\text{Nivel de señal a 42 MHz} = 52 - 3.7 - 2.25 = 46.05 \text{ dBmv}$$

se adopta **46 dBmv como máximo.**

### ➤ **Diseño de Forward**

El Forward se encarga de la señal que va del Head-End hacia el cliente. Los cálculos para la distribución se hacen a partir del nivel de salida que da el amplificador como el ejemplo de la figura 95, se colocan valores de tap, de mayor pérdida en los taps más próximos al amplificador y se va reduciendo paulatinamente conforme va disminuyendo la señal, para que las salidas hacia los usuarios se mantengan en un rango de +18 dB a +10 dB, se toma en cuenta la pérdida en metros de decibelios ocasionada por el cable

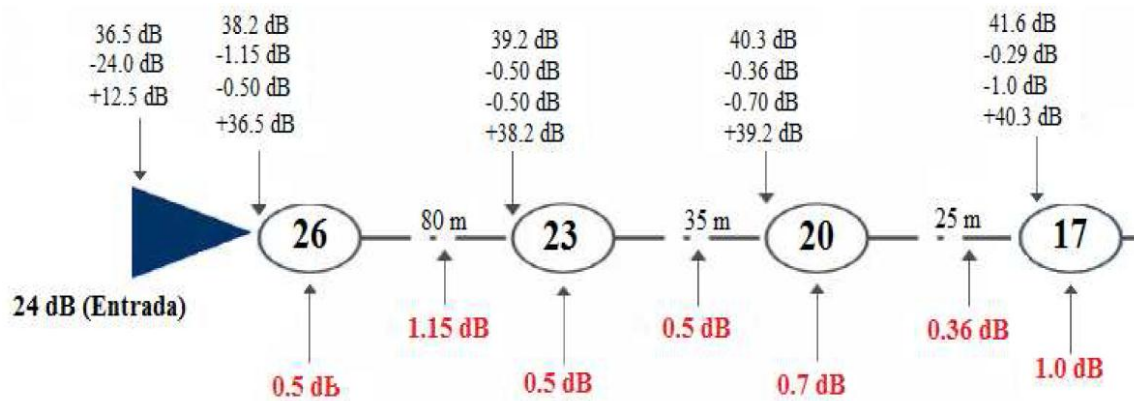
coaxial que es de 5db por cada 100 metros, además las pérdidas por inserción en los dispositivos que se toma como 1 dB en cada accesorio.



**Figura. 95. Diseño de Forward.**  
Fuente: [El Autor]

### Diseño de Forward

La señal de retorno es la señal que va del usuario hacia la Cabecera como se puede apreciar en la figura 92, donde la misma señal es producida por servicio de Internet y telefonía.



**Figura. 96. Diseño de retorno.**  
Fuente: [El Autor].

### 5.9.4.4. Planos de red hfc propuesto.

Plano de la red HFC (Ver Anexo 2)

Simbología usada en el diseño (ver Anexo 3)



## 5.10. Aspectos Varios

### 5.10.1. Análisis de Factibilidad

Para analizar la factibilidad del proyecto fue necesario realizar una encuesta (ver Anexo 4) y la tabulación respectiva para determinar la factibilidad del proyecto.

Para determinar el tamaño de la muestra se realizó el siguiente análisis:

El cantón Macará tiene una población de 19018 habitantes, con una densidad poblacional de 33,07 habitantes por km<sup>2</sup>, de los cuales 9649 personas son hombres (50,74%) y 9369 son mujeres (el 49,26%), con una población urbana de 12587 personas y la rural es de 6431, según datos del Censo de Población y Vivienda del 2010.

La población se distribuye de la siguiente manera: el 82,71% se encuentra en las parroquias urbanas Macará y Eloy Alfaro, continúa la parroquia rural La Victoria con el 8,19%, le sigue la parroquia rural Larama con el 5,68% y finalmente la parroquia rural de Sabiango con el 3,42%. Por lo tanto, es en la cabecera cantonal (parroquias urbanas) donde se concentra la mayoría de la población cantonal.

La población que se utilizó para encontrar el tamaño de la muestra es la urbana ya que es en esta parte donde se ofrece el actual servicio de televisión por cable y donde se pretende implementar la red HFC, dado que nuestro servicio se mide por familias mas no por individuo se debe determinar el número de familias del cantón macará en la zona urbana para ello dividimos la población entre 5 que es el número estimado de miembros de una familia ecuatoriana.

$$N = \frac{12587}{5}$$

$$N = 2517.4$$

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N - 1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

$\sigma$  = desviación estándar de la población que generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5

Z= valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1,96.

e = Limite aceptable de error muestral que generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor de 5% (0,05).

Para calcular la muestra en la parte urbana del cantón macara se tiene:

$$N = 2517$$

$$Z = 95\% = 1.96$$

$$\sigma = 0,5$$

$$e = 0,05$$

Remplazando valores en la formula se tiene

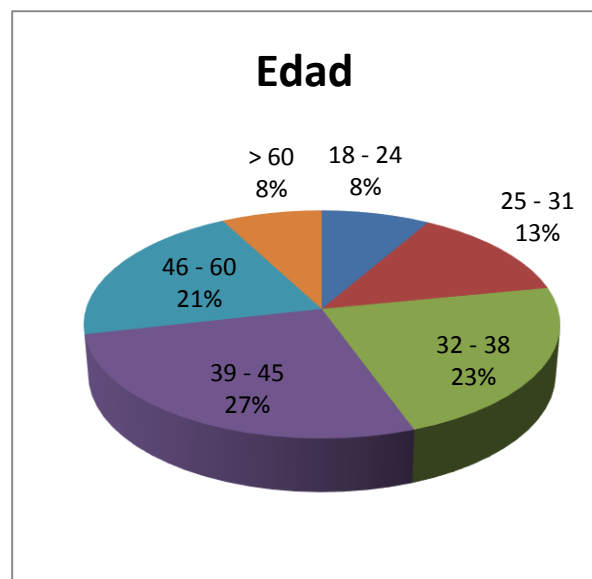
$$n = \frac{(2517)(0,5^2)(1,96^2)}{0.05^2(2517 - 1) + 0,5^2 * 1,96^2}$$

$$n = \frac{2417}{7,25}$$

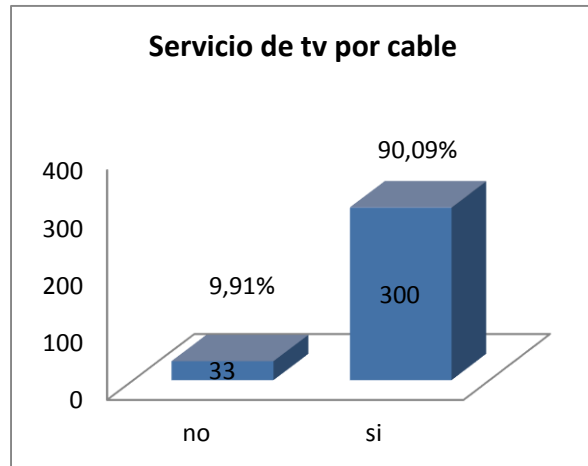
$$n = 333$$

### **Tabulación de la encuesta**

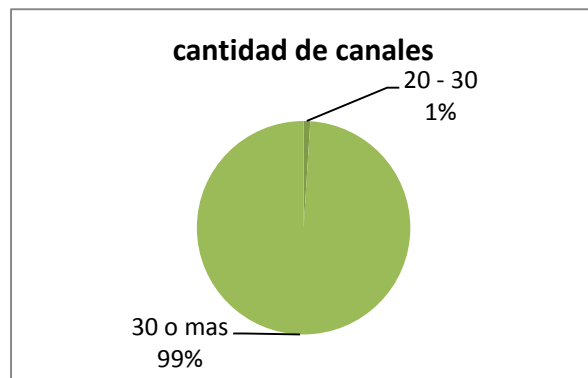
<i>¿En qué rango de edad se encuentra usted?</i>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
18 - 24	28	8,41%
25 - 31	45	13,51%
32 - 38	75	22,52%
39 - 45	90	27,03%
46 - 60	69	20,72%
> 60	26	7,81%
<b>Total general</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>



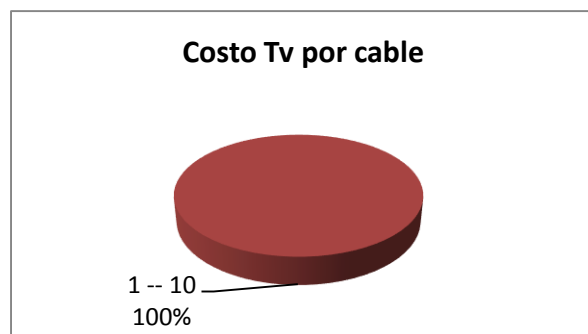
<b>¿Cuenta con servicio de televisión por cable?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
no	33	9,91%
si	300	90,09%
<b>Total general</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>



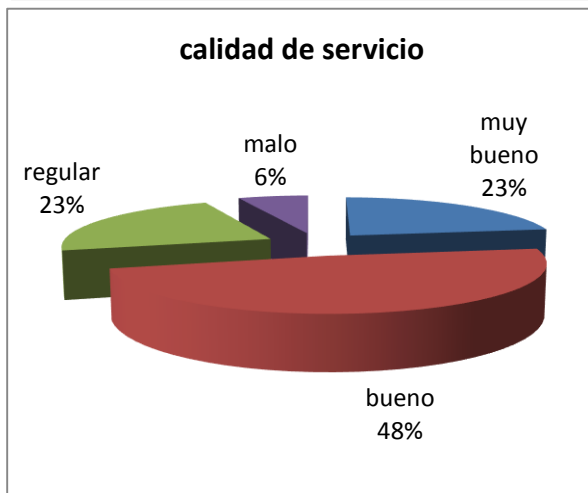
<b>¿Cuántos canales dispone en su servicio de televisión por cable?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
20 - 30	3	1,00%
30 o mas	297	99,00%
<b>Total general</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>



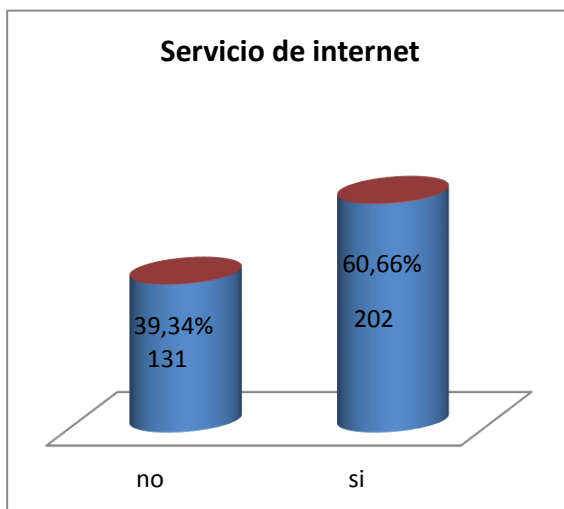
<b>¿Cuánto paga por el servicio de televisión por cable?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
1 -- 10	300	300
<b>Total general</b>	<b>300</b>	<b>300</b>



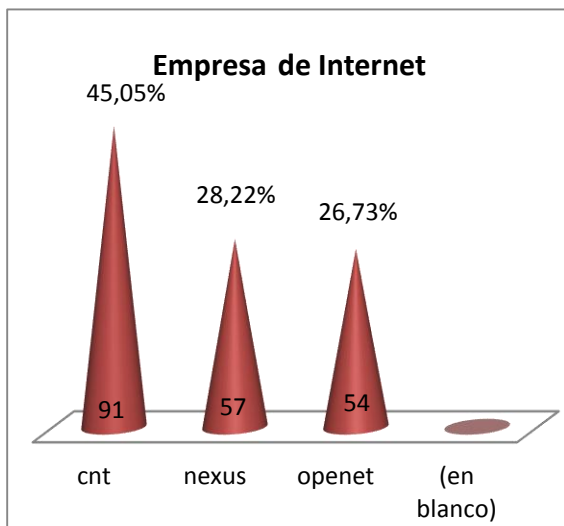
<b>¿Qué calificación le daría al servicio de televisión por cable que usted recibe?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
muy bueno	68	22,67%
bueno	145	48,33%
regular	68	22,67%
malo	19	6,33%
<b>Total general</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>



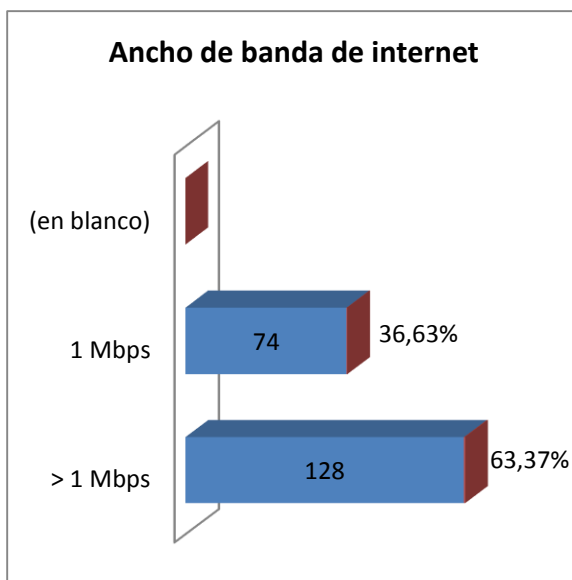
<b>¿Cuenta con el servicio de internet?</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
no	131	39,34%
si	202	60,66%
<b>Total general</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>



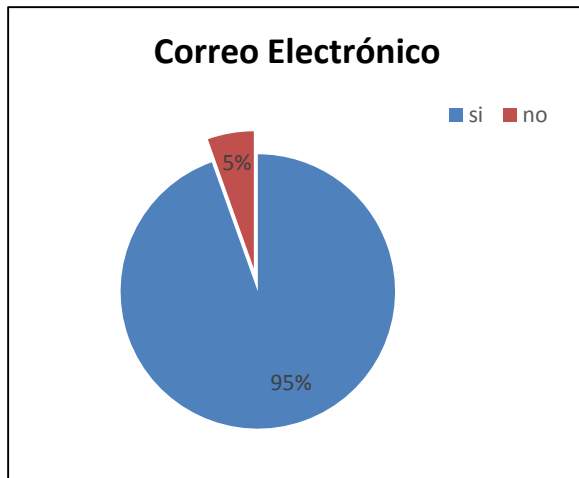
<b>Especifique con qué empresa</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
cnt	91	45,05%
nexus	57	28,22%
openet	54	26,73%
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



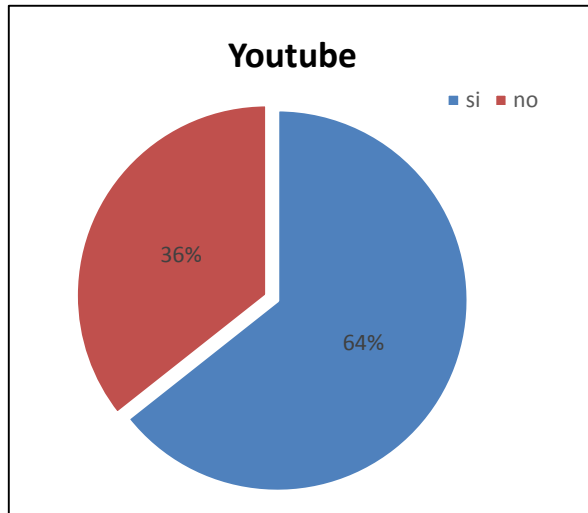
<b>¿Conoce el ancho de banda del que dispone en su servicio de internet?</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
> 1 Mbps	128	63,37%
1 Mbps	74	36,63%
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



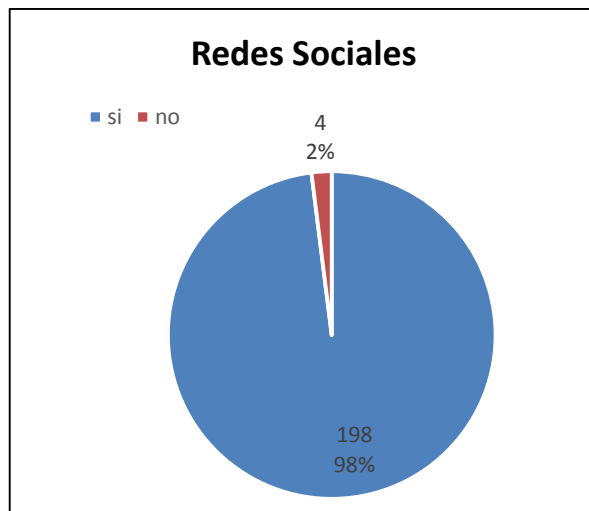
<i>¿Cuáles son las aplicaciones a las que accede con mayor frecuencia en internet?</i>		
<i>Correo electrónico</i>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
si	191	95%
no	11	5%
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



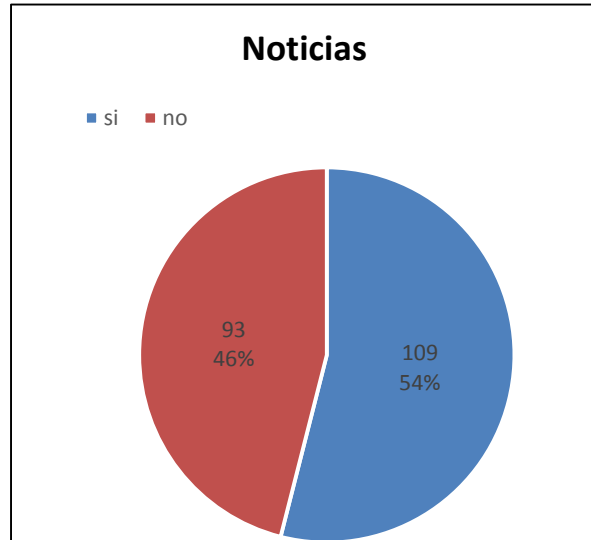
<i>¿Cuáles son las aplicaciones a las que accede con mayor frecuencia en internet?</i>		
<i>Youtube</i>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
si	130	64%
no	72	36%
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



<i>¿Cuáles son las aplicaciones a las que accede con mayor frecuencia en internet?</i>		
<i>Redes Sociales</i>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
si	198	98 %
no	4	2 %
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



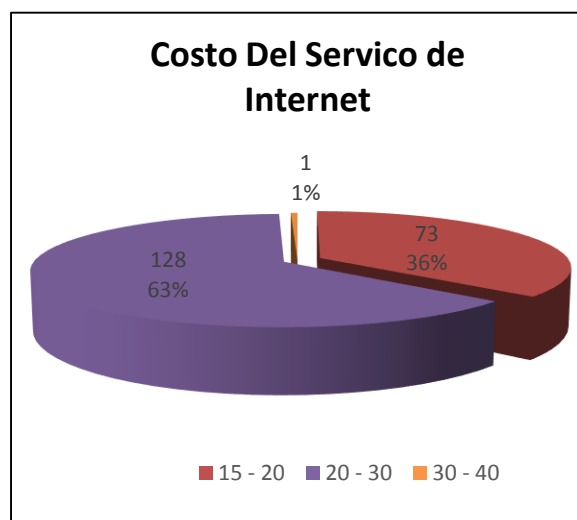
<i>¿Cuáles son las aplicaciones a las que accede con mayor frecuencia en internet?</i>		
<i>Noticias</i>		
	<b>Cuenta</b>	<b>porcentaje</b>
si	109	54 %
no	93	46 %
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



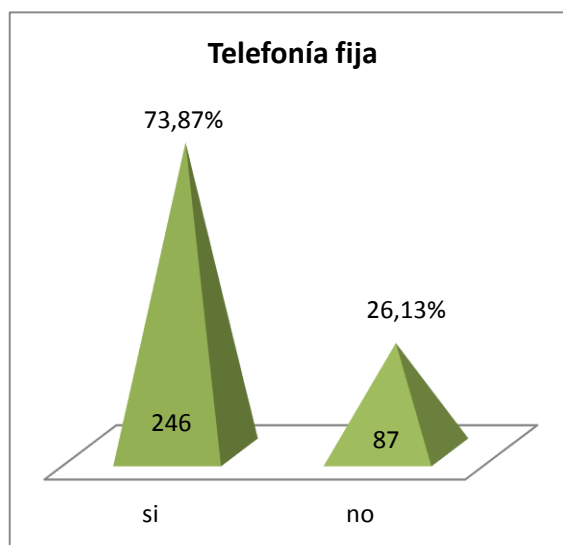
<i>¿Cuáles son las aplicaciones a las que accede con mayor frecuencia en internet?</i>		
<i>Otras páginas</i>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
si	183	91 %
no	19	9 %
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



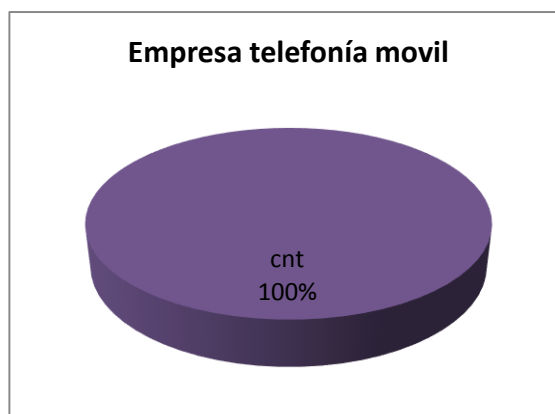
<i>¿Cuánto paga actualmente por su servicio de internet?</i>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
15 - 20	73	36,14%
20 - 30	128	63,37%
30 - 40	1	0,50%
<b>Total general</b>	<b>202</b>	<b>100%</b>



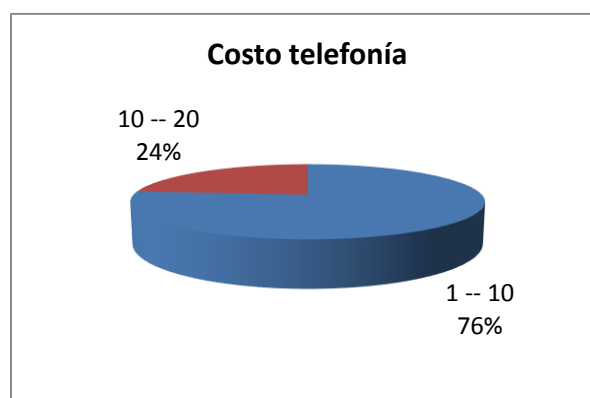
<b>¿Cuenta con el servicio de telefonía fija?</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
si	246	73,87%
no	87	26,13%
<b>Total general</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>



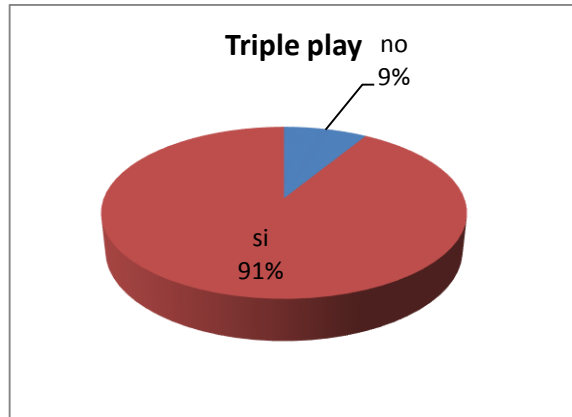
<b>Especifique con qué empresa</b>		
<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
cnt	246	100%
<b>Total general</b>	<b>246</b>	<b>100%</b>



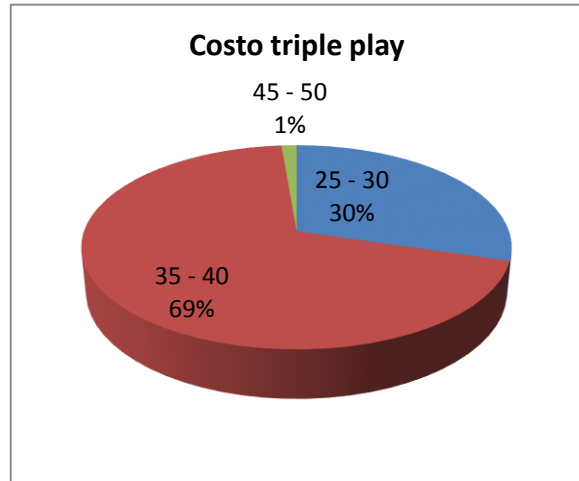
<b>¿Cuánto paga actualmente por su servicio de telefonía fija?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
1 -- 10	188	76,42%
10 -- 20	58	23,58%
<b>Total general</b>	<b>246</b>	<b>100%</b>



<b>¿Estaría interesado en contratar un solo proveedor para los servicios de internet, televisión y telefonía fija (triple play)?</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
no	29	8,71%
si	304	91,29%
<b>Total general</b>	<b>333</b>	<b>100%</b>



<b>¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por el servicio triple play?</b>		
	<b>cantidad</b>	<b>porcentaje</b>
25 - 30	90	29,61%
35 - 40	210	69,08%
45 - 50	4	1,32%
<b>Total general</b>	<b>304</b>	<b>100,00%</b>



Lo que podemos concluir mediante la investigación realizada a la población de la ciudad de Macará es:

- El 50% de las personas entrevistadas están en un rango de edad de 32 – 45 años este dato nos ayuda a establecer la grilla de programación idónea para cubrir las necesidades de esta población.
- El 90 % de la población ya cuenta con el servicio de televisión por cable este dato refleja la necesidad de la ciudadanía de adquirir este servicio ya que de no hacerlo la televisión nacional en el cantón se recepta con muchas interferencias.



- Los operadores de televisión por cable en el cantón Macará ofrecen un paquete de canales mayor a 30 por un costo no mayor a 10 dólares, estos datos son necesarios para poder brindar una mejor oferta de este servicio a los futuros clientes.
- El servicio de televisión por cable que actualmente recibe la ciudadanía macareña es calificado como bueno a regular, lo que indica que es necesario una mejora en el servicio.
- El 60 % de la ciudadanía macareña ya cuenta con el servicio de internet de este porcentaje el 45 % tiene contratado el servicio con la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT), el 28 % con Nexus una empresa macareña y el 27 % restante con Openet una empresa Lojaña, estas empresas ofrecen a sus clientes un ancho de banda mayor a 1Mbps y las aplicaciones a las que accede la ciudadanía con mayor frecuencia son: Redes sociales, correo electrónico, paginas varias, youtube, noticias, pagando por este servicio un valor no mayor a 30 dólares.
- La mayor parte de la población cuenta con telefonía fija dicho servicio lo brinda exclusivamente la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) por un costo no mayor a 10 dólares.
- La ciudadanía macareña estaría de acuerdo en adquirir el paquete de servicios convergentes (triple play), sin embargo se debe tomar en cuenta que un gran porcentaje de los habitantes ya cuenta con telefonía fija por lo cual habría mayor aceptación en los servicios adicionales de Internet banda ancha y televisión por cable, pero se puede promocionar la telefonía como un servicio adicional al paquete; además en el aspecto económico se sugiere el cobro del paquete Triple Play tomando en cuenta que la velocidad aceptada para el internet por la mayoría es de 1 a 2 Mbps y un número mayor de 40 canales de televisión con una programación variada por un valor estimado entre 30 y 40 dólares mensuales.

### **5.10.2. Aspecto Económico - Financiero**

Se sugiere adquirir equipos con proveedores que no solo proporcionen los mismos, además deben facilitar la instalación en el sitio, configuración, capacitación para el personal encargado del manejo del sistema, ofrecer mantenimiento, servicio y soporte técnico para fallos posteriores.

La matriz de insumos de la solución se presenta a continuación.

<b>EQUIPOS DE CABECERA</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
1	Antena parabólica de 3.60mts	2.200	2.200
1200	Cable coaxial F.59	0.95	1.140
102	Conectores tipo F	0.9	91.8
13	Spliter de alta frecuencia x2	18	234
4	Spliter de alta frecuencia x3	22	88
28	Receptor Satelital Cisco 9865	350	9.800
7	Receptor Satelital Cisco D9854	480	3.360
2	Receptor Satelital Cisco D9858	450	900
4	Receptor Satelital Motorola DSR4410 MD	500	2.000
1	Switch Cisco Catalys 2960 24p. Capa 2.	1.400	1.400
8	Multiplexores Motorola SEMV12	865	6.920
1	CMTS Cisco Ubr10012	16.658	16.658
1	Sistema Integral de Aprovisionamiento	7.900	7.900
1	Soporte DRACO OSS Mantenimiento anual	950	950
1000	Cable Modem	37	37.000
1	Switch Cisco Catalys 3560 24p. Capa 3.	1.877	1.877
1	Router Cisco Modelo 3745	2.619	2.619
1	Firewall	250	250
4	Servidor 2Quad Core 2GHz 4GB, 2xIBM 500GB	2.800	11.200

4	Pantallas LCD 19 pulg. High Definition	200	800
1	Softswitch	6.500	6.500
<b>TOTAL</b>			<b>113.887,8</b>
<b>ACTIVOS</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
6	nodo óptico	700	4.200
53	line extender	180	9.540
62	minibridger	306	18.972
<b>TOTAL</b>			<b>32.712</b>
<b>FUENTES</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
6	fuelle de alimentación	240	1.440
18	baterías	90	1.620
<b>TOTAL</b>			<b>3.060</b>
<b>PASIVOS</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
11	insertador de potencia	12	132
56	divisor x 2	10	560
20	divisor x 3	15	300
37	acoplador direccional 8 dB	9	333

<b>22</b>	acoplador direccional 12 dB	9	198
<b>22</b>	ecualizador de línea	31	748
<b>36</b>	tap 204	11	396
<b>20</b>	tap 208	11	220
<b>27</b>	tap 211	11	297
<b>38</b>	tap 214	11	418
<b>19</b>	tap 217	11	209
<b>26</b>	tap 220	11	286
<b>32</b>	tap 223	11	352
<b>9</b>	tap 226	11	99
<b>80</b>	tap 408	13	1040
<b>38</b>	tap 411	13	494
<b>69</b>	tap 414	13	897
<b>50</b>	tap 417	13	650
<b>51</b>	tap 420	13	663
<b>78</b>	tap 423	13	1014
<b>21</b>	tap 426	13	273
<b>39</b>	tap 811	15	585
<b>21</b>	tap 814	15	315
<b>37</b>	tap 817	15	555
<b>31</b>	tap 820	15	465
<b>35</b>	tap 823	15	525

<b>10</b>	tap 826	15	150
<b>TOTAL</b>			<b>12.174</b>
<b>CABLES</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
<b>33533</b>	.500 distribución	0.70	23.473,1
<b>18974</b>	.500 expreso	0.70	13.281,8
<b>TOTAL</b>			<b>36.754,9</b>
<b>CONECTORES</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
<b>1618</b>	conector .500 c/pin	2	3.236
<b>258</b>	ks-ks	6	1.548
<b>144</b>	carga terminal	2.5	360
<b>TOTAL</b>			<b>5.144</b>
<b>ELEMENTOS DE FIBRA OPTICA</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
<b>3500</b>	Fibra 12 hilos	1.60	5.600
<b>700</b>	Fibra 24 hilos	1.80	1.260
<b>7</b>	cajas de empalme	281	1.967
<b>1</b>	caja de empalme de Headend	300	300
<b>6</b>	Cable de servicio	31	186

2	Tx ópticos	1500	3000
6	Rx ópticos	765	4.590
2	splitter ópticos 1:4	62	124
<b>TOTAL</b>			<b>17.027</b>
<b>Servicios de Operación, Puesta en Marcha y Publicidad</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>PRECIO (USD)</b>	<b>TOTAL (USD)</b>
1	Instalación, configuración y capacitación del sistema Draco Oss	2.000	2.000
1	Instalación de la red HFC	30.000	30.000
4	Servicios de instalación y configuración de servidores	400	1.600
1	Publicidad	5.000	5.000
<b>TOTAL</b>			<b>38.600</b>

<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	
<b>EQUIPOS DE CABECERA</b>	113.887,8
<b>TOTAL DE ELEMENTOS ACTIVOS</b>	32.712
<b>TOTAL DE FUENTES</b>	3.060
<b>TOTAL DE ELEMENTOS PASIVOS</b>	12.174
<b>TOTAL DE CABLE COAXIAL</b>	36.754,9
<b>TOTAL DE CONECTORES</b>	5.144
<b>TOTAL DE ELEMENTOS DE FIBRA OPTICA</b>	17.027
<b>SERVICIOS DE OPERACIÓN PUESTA EN MARCHA Y PUBLICIDAD</b>	38.600
<b>TOTAL</b>	<b>259.356,7</b>

### **5.10.3. Aspectos Regulatorios – Marco Jurídico**

Para operar comercialmente el servicio de valor agregado de Internet se requiere un permiso otorgado por la Agencia de Regulación y control de las Telecomunicaciones.

Se obtiene el Registro Único de Contribuyente “RUC”, en las que están declaradas como actividades económicas principales el servicio de valor agregado de Internet, entre otras. De la misma manera actualmente se debe llevar contabilidad como exige la ley.

#### **FORMULARIOS TÉCNICOS PARA LA MODIFICACION Y AMPLIACION DE INFRAESTRUCTURA DEL TITULO HABILITANTE DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ACCESO A INTERNET [73]**

Para solicitar un registro de modificación y ampliación de infraestructura del título habilitante de Prestación de Servicios de Acceso a Internet deberá adjuntar los siguientes formularios que se describen a continuación, conforme la regulación vigente:

- A. Formulario SAI-T-ATH-01 (Formulario para descripción técnica detallada del servicio propuesto y cobertura).- En este formulario se debe registrar toda la información del servicio propuesto y la cobertura solicitada.
  
- B. Formulario SAI-T-ATH- 02 (Formulario para descripción de nodos físicos y equipamiento y sistemas).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los nodos, equipamiento y sistemas.
  
- C. Formulario SAI-T- ATH- 03 (Formulario para descripción de enlaces físicos entre nodos (conexión nacional)).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces entre los nodos de conexión nacional.
  
- D. Formulario SAI-T-ATH- 04 (Formulario para Descripción de Conexión Internacional).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces para la conexión internacional, (entre los nodos principales al Backbone de Internet).

- E. Formulario SAI-T-ATH- 05 (Formulario para descripción de enlaces físicos de red de acceso).- En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso hacia los abonados. Este formulario debe ser incluido en cualquier solicitud de permiso, renovación o modificación técnica o legal del permiso. En este formulario se debe registrar toda la información y descripción de los enlaces de la red de acceso, los nodos principales o secundarios hasta los abonados de la red de acceso, y si requiere espectro radioeléctrico adjuntar la solicitud y formularios correspondientes para la concesión o registro de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.
- F. Formulario SAI-T-ATH-05-1: (Descripción de tipos de medios de transmisión de enlaces físicos de red de transporte). - Se debe describir las características del medio de transporte de su red.
- G. Formulario SAI-T-ATH-06 (Formulario para Descripción de Otros Anexos). - En este formulario se debe registrar los anexos solicitados



## 6. RESULTADOS.

Dentro de los resultados que se puede lograr si se llega a realizar la migración de la red de CATV actual e implementar el diseño de la red HFC propuesto, se pueden listar los siguientes:

- Ofrecer mayores y mejores servicios, ya que tiene mayor ancho de banda y también permite entregar servicios de forma integrada a través de un único acceso.
- Una parte importante de la implementación de la red HFC, es que se reemplaza parte de la red coaxial con fibra óptica para conseguir mejor prestación de servicios y bidireccionalidad.
- El ancho de banda a utilizar es óptimo ya que se ofrece solo televisión digital esto permite ofrecer en un futuro un amplio número de canales en formato SD o HD según las necesidades de los usuarios.
- Permite a los usuarios interactuar con el proveedor de servicios y obtener los servicios seleccionados que necesite.

## 7. DISCUSIÓN

Una vez culminado el diseño de la red HFC para empresa SUPERCABLEFILS, es importante realizar una evaluación de los objetivos planteados y determinar si se ha logrado cumplir con cada uno de ellos, lo cual se detalla a continuación.

**Objetivo específico 1:** Analizar las condiciones y parámetros actuales que ofrece la red con la que cuenta la empresa SUPERCABLEFILS en la ciudad de Macará.

Evaluación: Para el cumplimiento de este objetivo, he utilizado en primera instancia el método de encuesta para determinar las condiciones actuales y las necesidades de los ciudadanos macareños, seguido de esto se utilizó el método de entrevista con el gerente de la empresa SUPERCABLEFILS para determinar las necesidades que tiene actualmente la empresa, por último, se utilizó el método de observación científica, el cual mediante una inspección y levantamiento de información visual y técnica, me permitió conocer la infraestructura de la red actual de la empresa SUPERCABLEFILS.

**Objetivo específico 2:** Diseñar la red troncal de la empresa SUPERCABLEFILS bajo medios de transmisión ópticos.

Evaluación: Para el cumplimiento de este objetivo, he utilizado el método bibliográfico, el cual permitió conocer los estándares y normas propuestas para el diseño de una red HFC. El estándar ITU-T G.652 que se propone utilizar establece las especificaciones técnicas de la fibra óptica, estableciendo que la fibra monomodo aérea es con la que se realizó el diseño de la red troncal y el estándar DOCSIS 3.0 nos establece las especificaciones técnicas para redes HFC. Así mismo el método bibliográfico nos permitió conocer la simbología utilizada en los planos diseñados, y el dimensionamiento de los equipos ópticos necesarios para la transmisión y recepción.

**Objetivo específico 3:** Realizar la interconexión de la red troncal óptica con la red de distribución coaxial.

Evaluación: para el cumplimiento de este objetivo, he utilizado el método bibliográfico, el cual permitió conocer las especificaciones técnicas de los elementos activos utilizados en la red de distribución coaxial diseñada, establecer que elementos se utilizaran y sus especificaciones es indispensable para realizar el diseño ya que se debe asegurar un nivel de señal óptimo en la boca de los Taps.

## 8. CONCLUSIONES.

Una vez concluido el presente trabajo de investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

- Se diseñó una red híbrida HFC multiservicios basándose en la densidad poblacional del cantón Macará considerando una proyección a futuro de 10 años con esto se garantizará que la red y el servicio no colapsarán ante un crecimiento futuro, para de esta manera garantizar un servicio triple play (televisión, internet y telefonía) de calidad, logrando con esto convertir a la empresa SUPERCABLEFILS en un operador competitivo en el arduo sector de las Telecomunicaciones de banda ancha de hoy y del futuro.
- Al analizar las condiciones y parámetros de la red con la que cuenta actualmente la empresa SUPERCABLEFILS se concluye que dicha red no es idónea para ofrecer los servicios *triple play* que proyecta ofertar la empresa, es por ello que se plantea la migración a una red híbrida HFC, tomando en cuenta que es necesario contar con la capacitación adecuada a los actuales empleados, dado que al gozar la empresa de toda esta compleja infraestructura para poder ofrecer el paquete de servicios las 24 horas al día, es indispensable contar con personal y herramientas necesarias para dar un soporte oportuno.
- La red troncal propuesta usa fibra óptica monomodo, se eligió esta fibra considerando las recomendaciones de la UIT-T G.652, estableciendo que esta debe ser autosoportada con mensajero debido a que el tendido de la fibra será aéreo, la topología utilizada para este diseño es de tipo estrella, porque tiene la ventaja de que, si se interrumpe una trayectoria, que va a un nodo específico, las señales aún pueden llegar a los otros nodos de la red, asegurando que toda la red no se quede sin servicio en caso de alguna falla. Se consideró utilizar 6 hilos de fibra por nodo dejando 4 hilos de reserva para una expansión futura.
- En un inicio se ofertará una capacidad de hasta 1Mbps este valor se estableció de acuerdo a la información que se obtuvo de las encuestas realizadas, posiblemente se podrá proponer hasta 2Mbps de acuerdo a las recomendaciones de banda Ancha que establece la ITU y dependiendo de los

requerimientos técnicos se incrementará, pero esto dependerá de la capacidad de cada equipo tanto del abonado como de la cabecera, sin embargo, la red está diseñada para soportar hasta 30 Mbps por usuario.

- Para la interconexión de la red de fibra y la red coaxial se ha propuesto utilizar un nodo óptico con cuatro salidas RF de esta manera cada salida maneja alrededor de 150 usuarios lo que es conveniente ya que se limita a tres la utilización de amplificadores en cascada además se convierte en una necesidad ineludible hacer la red bidireccional para poder brindar el servicio de Banda Ancha y telefonía debido a que este tipo de prestaciones requieren un canal de retorno, proyectándose a ofrecer televisión digital, Video bajo demanda, etc.
- Los equipos utilizados en el diseño de la red HFC, cumplen con los requerimientos necesarios, poseen robustez y seguridad, entre otras características, como es el caso del CMTS propuesto que posee la característica adicional de integrar un sistema de aprovisionamiento y facturación para el cobro respectivo a los abonados de la empresa por los servicios prestados de una manera eficiente.

## 9. RECOMENDACIONES.

- Se recomienda usar cable de fibra óptica autosoportado con mensajero que cumpla con la recomendación UIT-T G.652 que sea de bajo peso esto se debe tomar en consideración ya que el tendido será aéreo.
- Se recomienda utilizar en la cabecera un CMTS marca Cisco modelo uBR10012 y en las instalaciones de los abonados el Cable Modem marca Cisco modelo DPC 2420 que soporten norma DOCSIS 3.0 debido a que esta especificación permite tener un flujo de retorno para poder ofertar Datos y Voz en la red HFC de preferencia se recomienda que el Cable Modem del usuario sea de la misma marca que la del CMTS debido a incompatibilidades entre marcas a pesar de que se utilice el mismo estándar.
- Dentro de la propuesta se recomienda utilizar el Sistema de Aprovisionamiento Draco OSS® Module DPD ya que esta es la suite completa de aprovisionamiento DOCSIS basada en el estándar de CableLab que es el estándar que utiliza el CMTS, y permite una integración facilitando la facturación, detección de fallos, entre otros.
- Es muy importante informarse de todos los permisos y concesiones que se requieren para poder explotar los servicios de valor agregado, de esta forma evitar futuros inconvenientes con los Órganos Regulatorios y demoras en el proyecto.
- Se recomendable de los equipos de usuario sean entregados por la empresa bajo condiciones de tiempo de servicio para poder recuperar dicha inversión y a su vez competir con las empresas que actualmente ofrecen los diferentes servicios en el cantón.
- Para la elaboración del presente proyecto, en lo que concierne al diseño de la red HFC, se han tomado en cuenta solo la parte técnica; en el momento que se desee hacer realidad dicha red, SUPERCABLEFILS tendrá que analizar todos los aspectos involucrados en la implementación del proyecto teniendo mucha importancia el marco legal.

- Al realizar la encuesta se determinó que la ciudadanía macareña está interesada en un servicio triple play, sin embargo, se debe realizar un buen plan de negocios debido a que esto implicaría realizar la adquisición de un Set-Top-Box esto encarecería los costos dado que el abonado tendría que pagar por un equipo adicional además de que la mayoría de la población no está interesada en la Telefonía debido a que ya poseen el servicio.
- Pensando en la comodidad de los usuarios es recomendable que se empleen opciones de pago del servicio como débito bancario.
- Se recomienda hacer un estudio económico - financiero para establecer los costos de implementación y estimar en que tiempo se recuperaría la inversión del proyecto.

## 10. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] R. D. G. Córdova., «Universidad Tecnica Particular de Loja. Ecuador,» 06 2010. [En línea]. Available: [http://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/roberto\\_guerrero-historia-de-la-TV-en-Ecuador-y-en-Loja.pdf](http://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/roberto_guerrero-historia-de-la-TV-en-Ecuador-y-en-Loja.pdf). [Último acceso: 12 Enero 2015].
- [2] A. d. r. y. c. d. l. Telecomunicaciones, «ARCOTEL,» [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/la-arcotel/>. [Último acceso: 15 01 2015].
- [3] C. A. O. Hernandez, «Escuela Politecnica Nacional,» Abril 2010. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1956/1/CD-2823.pdf>. [Último acceso: 15 01 2015].
- [4] C. N. d. Comunicación, 2009. [En línea]. Available: <http://www.aftic.gob.ar/infotecnica/radiodifusion/tv.asp>. [Último acceso: 03 02 2015].
- [5] CREATIVANTE, 16 02 2015. [En línea]. Available: [http://www.creativante.com.br/lettericia/blog/2008/07\\_2008.html](http://www.creativante.com.br/lettericia/blog/2008/07_2008.html).
- [6] Supertel, «Superintendencia de telecomunicaciones,» 2015. [En línea]. Available: [controlenlinea.supertel.gob.ec](http://controlenlinea.supertel.gob.ec).
- [7] ARCOTEL, «Agencia de Regulacion y Control de las Telecomunicaciones,» [En línea]. Available: <http://www.arcotel.gob.ec/audio-y-video-por-suscripcion/>. [Último acceso: 12 10 2015].

- [8] ARCOTEL. [En línea]. Available:  
<http://controlenlinea.arcotel.gob.ec/wps/portal/informacion/informaciontecnica/audiovideo/>. [Último acceso: 10 10 2015].
- [9] Ktidish. [En línea]. Available: <http://www.ktidish.com/C-Band%20Antennas/SI-10.htm>.  
[Último acceso: 6 06 2015].
- [10] A. A. Blazquez, «Wikitel,» Julio 2009. [En línea]. Available:  
[http://wikitel.info/wiki/Sistemas\\_de\\_radiodifusi%C3%B3n\\_por\\_satelite](http://wikitel.info/wiki/Sistemas_de_radiodifusi%C3%B3n_por_satelite). [Último acceso:  
02 03 2015].
- [11] Multicom, [En línea]. Available: [http://www.multicominc.com/wp-content/uploads/PD\\_sp860.pdf](http://www.multicominc.com/wp-content/uploads/PD_sp860.pdf).
- [12] Dave Fant Company of Arkansas, Inc, [En línea]. Available:  
<http://www.daveswebshop.com/300a.shtml>. [Último acceso: 12 03 2015].
- [13] Scientific Atlanta, «Scientific-Atlanta, Inc,» 1999. [En línea]. Available:  
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/scientific%20atlanta%20powerVu.pdf>.
- [14] COMMSCOPE, [En línea]. Available:  
[http://www.commscope.com/catalog/systimax/product\\_details.aspx?id=25190](http://www.commscope.com/catalog/systimax/product_details.aspx?id=25190). [Último  
acceso: 12 03 2015].
- [15] A. TECHNOLOGIES, Marzo 2001. [En línea]. Available:  
[http://www.alpha.com/download/pdf/tm\\_xmseries2espanol.pdf](http://www.alpha.com/download/pdf/tm_xmseries2espanol.pdf). [Último acceso: 25 03  
2015].



- [16] Scientific-Atlanta, 1998. [En línea]. Available:  
[http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/video/legacy-system-amplifiers-line-extenders/product\\_data\\_sheet0900aec806caacc.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/video/legacy-system-amplifiers-line-extenders/product_data_sheet0900aec806caacc.pdf).
- [17] IKUSI, 2014. [En línea]. Available: <file:///D:/Descargas/distrelements.pdf>. [Último acceso: 1 08 2015].
- [18] M. Alibaba. [En línea]. Available: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/commscope-cable-coaxial-rg6-90-with-ul-listed-60050714983.html>. [Último acceso: 7 07 2015].
- [19] M. A. G. Romo, 03 Diciembre 2012. [En línea]. Available:  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3350/1/UPS-CT002547.pdf>. [Último acceso: 26 04 2015].
- [20] A. valdiviezo, «Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la Información,» 05 08 2012. [En línea]. Available: [http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2012/RDF\\_AMS\\_Mexico\\_April12/Session2/3\\_AnaValdiviezo.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2012/RDF_AMS_Mexico_April12/Session2/3_AnaValdiviezo.pdf). [Último acceso: 10 08 2015].
- [21] U. I. d. I. T. (ITU), «T-REC-I.113 ISDN: Vocabulary of terms of broadband aspects of ISDN».
- [22] U. ITU, «Informe de la comisión de la Banda Ancha, Avanzar hacia un futuro construido en Banda Ancha,» Ginebra, 2010.
- [23] CONATEL, «Parámetros de calidad, definiciones y Obligaciones para la prestación del Servicio de Valor Agregado de Internet,» Quito, 2009.
- [24] M. d. Telecomunicaciones. [En línea]. Available: <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/>. [Último acceso: 14 07 2015].

- [25] J. Delgado, noviembre 2014. [En línea]. Available:  
[http://delgado.ec/research/es/Gobernanza\\_Internet\\_Ecuador\\_2014.pdf](http://delgado.ec/research/es/Gobernanza_Internet_Ecuador_2014.pdf). [Último acceso: 10 agosto 2015].
- [26] R. J. M. Tejedor, «IDG Communications S.A., 2001,» 2006. [En línea]. Available:  
<http://www.ramonmillan.com/tutoriales/accesobandaancho.php>. [Último acceso: 25 07 2015].
- [27] E. V. F. G. Julio Berrocal, 2003. [En línea]. Available:  
<http://www.dit.upm.es/doc/acceso/introduccion.html>. [Último acceso: 14 08 2015].
- [28] C. E. Catuy, «Radiocomunicaciones,» 30 07 2013. [En línea]. Available:  
<http://radiocomunicacionescesar.blogspot.com/2013/07/metodo-de-conexiones-inalambricas.html>. [Último acceso: 10 08 2015].
- [29] 13 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.in.gov/oucc/files/BroadbandEspanol.pdf>.  
[Último acceso: 13 08 2015].
- [30] P. Cortés, «Design of HFC networks for Telecommunication advanced services distribution in small urban areas.,» *IEEE catalog No. 04X832C*, vol. ISBN, nº 1-889335223, p. 259, 2004.
- [31] S. D. Ruiz, «DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA,» [En línea]. Available:  
<http://www.gsi.dit.upm.es/~legf/Varios/redes-cable.pdf>.
- [32] L. Jardón, SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRAS ÓPTICAS, ALFAOMEGA.
- [33] Universidad del Azuay, [En línea]. Available:  
[http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes\\_1/optica.htm](http://www.uazuay.edu.ec/estudios/sistemas/teleproceso/apuntes_1/optica.htm). [Último acceso: 21 08 2015].

- [34] s. schmidt, «Historia y Biografias,» 23 Octubre 2014. [En línea]. Available: [http://historiaybiografias.com/fibras\\_opticas/](http://historiaybiografias.com/fibras_opticas/). [Último acceso: 21 08 2015].
- [35] C. Bob, Instalaciones de Fibra Óptica, Fundamentos, Técnicas y Aplicaciones (Jose Zubia, Trad.), España: Mc Graw-Hill, 1998.
- [36] A. d. N. d. C. Systems, Guía del primer año del CCNA 1 y 2 (3era. edición), Madrid: Cisco Systems, 2004.
- [37] Eveluis, «Eveluis.com,» [En línea]. Available: <http://www.eveliux.com/mx/Cable-coaxial.html>. [Último acceso: 15 08 2015].
- [38] 21 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.qsl.net/xe3rlr/coaxiales.htm>. [Último acceso: 16 08 2015].
- [39] U. N. A. y. a. D. (UNAD), «Redes y Servicios Telematicos,» [En línea]. Available: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208017/ContLin2/leccin\\_11\\_redes\\_de\\_televisin\\_por\\_cable\\_catv.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208017/ContLin2/leccin_11_redes_de_televisin_por_cable_catv.html). [Último acceso: 2 Septiembre 2015].
- [40] J. M. P. Hernández, «VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS DE CABLE HIBRIDO FIBRA-COAXIAL (HFC),» [En línea]. Available: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Perez%20Jose/IEEE802141.html>. [Último acceso: 14 Septiembre 2015].
- [41] S. A. Institute, Comprendiendo el Diseño HFC, USA, 2000.
- [42] 25 11 2011. [En línea]. Available: <http://www.gsi.dit.upm.es/~legf/Varios/redes-cable.pdf>. [Último acceso: 18 08 2015].

- [43] S. M. DUQUE, «UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA,» 2008. [En línea]. Available:  
<http://microe.udea.edu.co/~alince/recursos/lineas/HFC.pdf>. [Último acceso: 20 08 2015].
- [44] M. A. Campana, 4 diciembre 2011. [En línea]. Available:  
[http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL\\_LIBRO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL_LIBRO_2009_01.pdf), .
- [45] D. V. J. SEBASTIÁN, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE UNA RED HFC PARA APLICACIONES TRIPLE PLAY PARA LA EMPRESA PARABÓLICA DEL NORTE EN LA CIUDAD DE ATUNTAQUI.”, Sangolqui: Escuela Politecnica del Ejercito, 2012.
- [46] BERROCAL, Enero 2009. [En línea]. Available:  
[http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL\\_LIBRO\\_2009\\_01.pdf](http://oa.upm.es/2697/2/BERROCAL_LIBRO_2009_01.pdf). [Último acceso: 26 Septiembre 2015].
- [47] J. M. Martínez, «Distribución y Recepción de Señales de Televisión Digital,» 2010. [En línea]. Available: [http://arantxa.ii.uam.es/~jms/tvd/doc/TVD2010\\_Temas1.6.pdf](http://arantxa.ii.uam.es/~jms/tvd/doc/TVD2010_Temas1.6.pdf). [Último acceso: 3 Octubre 2015].
- [48] C. Gonzales, «ADSLZone,» 12 Enero 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.adslzone.net/2015/01/12/y-si-desaparece-la-tdt-despues-de-todo/>. [Último acceso: 16 Octubre 2015].
- [49] I. Hoy, «La era de la televisión de alta definición HDTV,» 2012. [En línea]. Available:  
<http://www.informatica-hoy.com.ar/electronica-consumo-masivo/La-era-de-la-television-de-alta-definicion-HDTV.php>. [Último acceso: 1 Noviembre 2015].

- [50] R. M. Martín, «ESCUELA UNIVERSITARIA DE INFORMÁTICA,» [En línea]. Available:  
<https://www.uclm.es/profesorado/raulmmartin/Internet.MetododeNegocios/Tema4.pdf>.  
[Último acceso: 13 Noviembre 2015].
- [51] L. Andreula., «SISTEMA DE TELEVISION POR CABLE,» [En línea]. Available:  
<http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/sistema-television-cable/sistema-television-cable.pdf>. [Último acceso: 15 Noviembre 2015].
- [52] Jordi, «Tecnología VoIP,» 11 Agosto 2015. [En línea]. Available:  
<http://blogs.ua.es/century/tecnologia-voip/>. [Último acceso: 18 Noviembre 2015].
- [53] «Sistemas de Acceso Optico: Redes-HFC,» [En línea]. Available:  
[http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material\\_consulta/4\\_apuntes\\_sistemas\\_hfc.pdf](http://www.gatv.ssr.upm.es/stelradio/STEL/adjuntos/material_consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf). [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [54] L. C. Chu., A Study on Noisy HFC Network Upstream Channel Failure, 1999.
- [55] B. Carro, Nivel de Enlace en Canal de Retorno HFC Bajo Ruido, 2001.
- [56] L. F. A. Gabino, Diseño de la cabecera (Head end) de una empresa de CATV para proveer televisión de alta definición (HDTV) en las ciudades de Quito y Guayaquil utilizando una arquitectura redundante., Quito: Escuela Politecnica nacional, 2011.
- [57] C. N. d. I. Telecomunicaciones. [En línea]. Available:  
<https://www.cnt.gob.ec/internet/tipo/fijo/>. [Último acceso: 25 01 2016].
- [58] O. d. León, Panorama de la banda ancha en América Latina, Santiago de Chile: Impreso en Naciones Unidas, 2010.

- [59] D. -. c. unificadas. [En línea]. Available: <https://www.denwaip.com/denwa-premium-down.html>. [Último acceso: 4 Diciembre 2015].
- [60] P. M. y. V. Mora, «Universidad del Azuay,» 2007. [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2271/1/05787.pdf>. [Último acceso: Diciembre 4 2015].
- [61] COMMSCOPE. [En línea]. Available: [http://www.commscope.com/catalog/broadband/product\\_details.aspx?id=6010](http://www.commscope.com/catalog/broadband/product_details.aspx?id=6010). [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [62] Cableservicios. [En línea]. Available: <http://www.cableservicios.com/pg.php?pa=5&p=646&t=HFS-4P2150-Splitter-De-Alta-Frecuencia-Satelital-4-Vias-Tru-Spec-Tru-Spec-Unidad>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [63] Cableservicios. [En línea]. Available: <http://www.cableservicios.com/pg.php?pa=5&p=754&t=D9865-Receptor-satelital-Cisco-Unidad>. [Último acceso: 26 Noviembre 2015].
- [64] Cisco. [En línea]. Available: [http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/hardware/quick/guide\\_stack/All\\_languages/2960S\\_gsg\\_esp.pdf](http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/hardware/quick/guide_stack/All_languages/2960S_gsg_esp.pdf). [Último acceso: 29 Noviembre 2015].
- [65] Motorola. [En línea]. Available: <http://www.ncsind.com/productImages/DownloadFiles/SEMV12.pdf>. [Último acceso: 29 Noviembre 2015].

- [66] Cisco. [En línea]. Available:  
[http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/video/ubr10000-series-universal-broadband-routers/product\\_data\\_sheet09186a00801ed384.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/video/ubr10000-series-universal-broadband-routers/product_data_sheet09186a00801ed384.html). [Último acceso: 29 Noviembre 2015].
- [67] sica. [En línea]. Available:  
<http://www.sicamexico.com/HTML/Productos/OSS/Caracteristicas.html>. [Último acceso: 12 09 2015].
- [68] J. M. y. C. Moreno, Software de diseño de redes de televisión por cable (CATV), Manizales: Universidad de manizales, 2007.
- [69] Á. V. S. ZAPATA, ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED DE ÚLTIMA MILLA HFC (HybridFiber Coaxial), UTILIZANDO TECNOLOGÍA DOCSIS PARA BRINDAR SERVICIOS TRIPLE PLAY PARA EL SECTOR SUR ESTE DE LA CIUDAD DE QUITO, Quito: Escuela Politecnica Nacional, 2009.
- [70] I.-. U. I. d. I. Telecomunicaciones, 2008. [En línea]. Available: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652/es>. [Último acceso: 04 Diciembre 2015].
- [71] F. Cables. [En línea]. Available: <http://fullcables.com/cable-fo-monomodo-armado-12-fibras/85-cable-fo-monomodo-adss-24-fibras.html>. [Último acceso: 5 Diciembre 2015].
- [72] cablelabs, 04 03 2012. [En línea]. Available: [http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-PHYv3\\_0\\_110-111117.pdf](http://www.cablelabs.com/specifications/CM-SP-PHYv3_0_110-111117.pdf). [Último acceso: 21 10 2015].
- [73] A. d. R. y. c. d. I. Telecomunicaciones. [En línea]. Available:  
<http://www.arcotel.gob.ec/formulario-de-registro-de-infraestructura-modificaciones-y-ampliaciones/>. [Último acceso: 3 11 2015].

- [74] SENATEL, 20 02 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/biblioteca/>.
- [75] Google Maps, 12 03 20015. [En línea]. Available: <https://www.google.com.ec/maps>.
- [76] Alpha Technologies, 2001. [En línea]. Available:  
[http://www.alpha.com/download/pdf/tm\\_xmseries2espanol.pdf](http://www.alpha.com/download/pdf/tm_xmseries2espanol.pdf).
- [77] A. PALAZZESI. [En línea]. Available: <http://www.neoteo.com/cuanto-ancho-de-banda-consumes-por-mes-5590/4>. [Último acceso: 15 12 2015].
- [78] [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-75872011000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-75872011000100008&script=sci_arttext). [Último acceso: 15 12 2015].
- [79] J. M. Rozada. [En línea]. Available: <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No5/JRozada.html>.  
[Último acceso: 15 12 2015].



## **11. ANEXOS.**

**Anexo 1. Red Actual de “SUPERCABLEFILS”.**

## **Anexo 2. Diseño de la red HFC**

## **Anexo 3. Simbología de red HFC**

## **Anexo 4. Encuesta**